



TUGAS AKHIR - RC18-4704

**PERENCANAAN ULANG FASILITAS SISI UDARA
BANDAR UDARA INTERNASIONAL SULTAN
SYARIF KASIM-II, KOTA PEKANBARU, RIAU.**

FADHIL WIDIYAKTHO
NRP. 03111640000141

Dosen Pembimbing :
Ir. Ervina Ahyudanari, ME, Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



TUGAS AKHIR - RC18-4704

**PERENCANAAN ULANG FASILITAS SISI UDARA
BANDAR UDARA INTERNASIONAL SULTAN
SYARIF KASIM-II, KOTA PEKANBARU, RIAU.**

FADHIL WIDIYAKTHO
NRP. 03111640000141

Dosen Pembimbing :
Ir. Ervina Ahyudanari, ME, Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT - RC18-4704

**REDESIGN OF AIRSIDE FACILITIES OF SULTAN
SYARIF KASIM-II INTERNATIONAL AIRPORT,
PEKANBARU CITY, RIAU.**

FADHIL WIDIYAKTHO
NRP. 03111640000141

Supervisor :
Ir. Ervina Ahyudanari, ME, Ph.D.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil, Planning, and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**PERENCANAAN ULANG FASILITAS SISI UDARA
BANDAR UDARA INTERNASIONAL SULTAN SYARIF
KASIM-II, KOTA PEKANBARU, RIAU.**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada**

**Program Studi S-I Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

FADHIL WIDIYAKTHO

NRP. 031 1 16 4000 0141

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. **Ir. Ervina Ahyudanari, ME., PhD.....(Pembimbing 1)**

**SURABAYA,
JANUARI 2020**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**PERENCANAAN ULANG FASILITAS SISI UDARA
BANDAR UDARA INTERNASIONAL SULTAN SYARIF
KASIM-II, PEKANBARU**

Nama Mahasiswa : Fadhil Widiyaktho
NRP : 03111640000141
Departemen : Teknik Sipil-FTSPK-ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Ervina Ahyudanari, ME, Ph.D.

Abstrak

Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 69 Tahun 2013, tentang Tata letak Kebandarudaraan Nasional yang mengatur rencana induk nasional bandar udara, Bandara Sultan Syarif Kasim II (SSK-II), Pekanbaru menjelaskan adanya perubahan hierarki bandar udara. Perubahan tersebut adalah dari bandar udara pengumpul dengan skala pelayanan sekunder menjadi skala pelayanan primer pada tahun 2030, menjadikan bandara SSK-II melayani penumpang sejumlah lebih besar atau sama dengan 5.000.000 (lima juta) penumpang pertahun. Pada studi ini dilakukan perencanaan ulang fasilitas sisi udara pada bandar udara internasional Sultan Syarif Kasim-II, Pekanbaru untuk mempersiapkan perubahan hierarki bandar udara SSK-II dari sisi udara pada tahun 2030. Pada tugas akhir ini dibahas tentang perancangan fasilitas sisi udara yakni Runway, Exit Taxiway, Paralel Taxiway, dan Apron yang diperlukan pada tahun 2030. Perencanaan tersebut disertai perkiraan harga kebutuhan bahan bakar yang disebabkan perubahan layout sisi udara bandara SSK-II pada tahun 2030. Berdasarkan hasil perencanaan dan perhitungan, kapasitas runway untuk perhitungan matematis pada tahun 2030 untuk operasi campuran sebesar 15 operasi/jam. Pada perhitungan kapasitas runway metode FAA didapatkan hasil pada keadaan IFR sebesar 74 operasi/jam, dan pada keadaan VFR sebesar 58 operasi/jam. Namun, Pada tahun 2030 di jam sibuk didapatkan operasi penerbangan sebesar 34 operasi/jam,

sehingga dibutuhkan perencanaan sisi udara pada tahun 2030 guna mempersiapkan perubahan hierarki kebandarudaraan tahun 2030. Pada perencanaan sisi udara tahun 2030, dengan pesawat rencana Boeing 737-900ER didapatkan runway dengan dimensi 3200m x 60m (termasuk shoulder), dimensi lebar taxiway 45m (termasuk shoulder), untuk lokasi exit taxiway adalah 1860m dari threshold dengan rapid exit taxiway berbentuk sudut 30⁰, dan didapatkan dimensi apron (1702m x 135m). Pada perhitungan kontrol ROT (Runway Occupancy Time), pada tahun 2030, runway dapat menampung kebutuhan penerbangan pada jam sibuk, total ROT perjam sibuk sebesar 1081,618 detik / 18,026 menit. Untuk perhitungan kebutuhan konsumsi bahan bakar digunakan pesawat Boeing 737-900ER, di layout eksisting yang akan landing di runway 18 sebesar Rp. 1.186.086,- dan di runway 36 sebesar Rp. 645.178,-. Pada layout sisi udara tahun 2030 yang akan landing di runway 18 sebesar Rp. 1.087.436,- dan di runway 36 adalah Rp 1.138.641,-. Terjadi perbedaan harga dikarenakan pada layout sisi udara rencana, pesawat landing dan keluar dari exit taxiway, menuju parallel taxiway, dan menuju apron, sehingga membutuhkan bahan bakar lebih banyak.

Kata Kunci : Fasilitas Sisi Udara, Hierarki Kebandarudaraan, Kapasitas Runway, Kebutuhan Bahan Bakar.

REDESIGN OF AIRSIDE FACILITIES OF SULTAN SYARIF KASIM-II INTERNATIONAL AIRPORT, PEKANBARU CITY, RIAU

Student Name : Fadhil Widiyaktho
NRP : 03111640000141
Department : Civil Engineering-FTSPK-ITS
Supervisor : Ir. Ervina Ahyudanari, ME, Ph.D.

Abstract

Based on Ministry of transportation regulation's number 69 year 2013, which about airport planning of Sultan Syarif Kasim-II (SSK-II) Airport on Pekanbaru explained about the change of hierarchy on SSK-II airport. The change is about the airport from the secondary scale service into primary scale service airport in 2030, which will service more than 5.000.000 passengers each year. To prepare this changes, this project will be redesign of airside facilities on Sultan Syarif Kasim-II Airport, Pekanbaru to prepare the changes on airside facilities only. On this project will discuss about planning the airside facilities, which is runway, exit taxiway, parallel taxiway, and apron, which required to prepare on 2030 with the estimate of fuel requirements due to change of airside facilities layout in SSK-II airport on 2030. Based on the calculation on this project, got the result that on 2030 the runway capacity with formulation of mathematical formulation of ultimate capacity the development of mixed operations the value is 15 operation/hour. For the calculation on FAA method, we got the result for IFR condition, the value is 74 operation/hour and on VFR condition, the value is 58 operation/hour. While on 2030 on peak hour there will be 34 Flight operation/hour, so we need to make an airside facilities on 2030 to prepare this changes. Then, On 2030 there will be a redesign of airside facilities with the design aircraft used in this project is Boeing 737-900ER and the result is

the dimension of the runway is about 3200m x 60m (including shoulder), the wide dimension of taxiway is about 45m including shoulder, for the location of exit taxiway is on 1680m from threshold with 30⁰ rapid exit taxiway, based on calculation for control ROT (Runway Occupancy Time), for 2030 runway can accommodate the peak hour flight, total ROT (Runway Occupancy Time) on the peak hour are 1081,618 sec / 18,026 minutes. For the calculation of fuel requirement, on existing layout for Boeing 737-900ER aircraft which land from runway 18 is about Rp. 1.186.086,- and from runway 36 is about Rp. 645.178,-. And for 2030 airside layout for aircraft which land from runway 18 is about Rp. 1.087.436,- and from runway 36 is about Rp 1.138.641,- there will be change of the fuel requirement because of the planned airside layout, when airplane land on runway then exit to exit taxiway, then to taxiway and then to apron, so the airplane need more fuel.

Keyword : Airport Hierarchy, Airside Facilities, Fuel Requirements, and Runway Capacity.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas segala berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan Ulang Fasilitas Sisi Udara Pada Bandar Udara Internasional Sultan Syarif Kasim-II, Pekanbaru, Riau”

Pada kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar besarnya kepada pihak yang telah membantu dalam berbagai hal dalam pengerjaan Tugas Akhir ini:

1. Papa, Mama, dan Mas Bagas, Adik Afiq, dan keluarga besar yang selalu mendoakan, memberi support agar dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik.
2. Ibu Ir. Ervina Ahyudanari, ME., Ph.D selaku dosen pembimbing Tugas Akhir penulis yang telah memberikan banyak arahan sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Bapak Prof. Ir. Priyo Suprobo, MS., Ph.D. Selaku dosen wali penulis yang telah memberikan arahan dengan baik kepada penulis ketika dimasa perkuliahan.
4. Teman-teman angkatan 2016 (S59) yang telah berjuang bersama demi menggapai gelar menyelesaikan studi di Departemen Teknik Sipil ITS ini.

Semoga Tugas Akhir ini menjadi berkah bagi penulis dan dapat digunakan sebagai pembelajaran nantinya didalan dunia teknik sipil, lebih khususnya dalam bidang transportasi.

Surabaya, Januari 2020

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

Abstrak	vii
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	4
1.3. Tujuan	4
1.4. Batasan Masalah	5
1.5. Manfaat	5
BAB II STUDI LITERATUR	7
2.1. Hierarki Kebandarudaraan	7
2.2. Penentuan Jam Puncak (<i>Peak Hour</i>).....	9
2.3. Penentuan Peramalan (<i>forecasting</i>).....	10
2.4. Penentuan Kapasitas <i>Runway</i>	12
2.4.1. Penentuan Kapasitas <i>Runway</i> Metode Matematis ..	12
2.4.2. Penentuan Kapasitas <i>Runway</i> metode FAA	13
2.5. Penentuan Fasilitas Sisi Udara	15
2.5.1. <i>Runway</i> (Landas Pacu).....	15
2.5.2. <i>Taxiway</i> (Landas Hubung)	15
2.5.3. <i>Apron</i> (Landas Parkir).....	16
2.6. Penentuan <i>Runway Occupancy Time</i> (ROT).....	17
2.7. Penentuan Kebutuhan Bahan Bakar Pesawat	17
BAB III METODOLOGI	19
3.1. Diagram alir penyelesaian tugas akhir	19
3.2. Identifikasi Masalah	22
3.3. Studi Literatur	22
3.4. Pengumpulan Data	23
3.5. Perencanaan Perhitungan Peramalan (<i>Forecasting</i>).....	24
3.6. Perencanaan Perhitungan Kapasitas <i>Runway</i>	24
3.6.1. Perencanaan Perhitungan Kapasitas <i>Runway</i> dengan Metode Matematis.....	25

3.6.2. Perencanaan Perhitungan Kapasitas <i>Runway</i> Metode FAA	33
3.7. Perencanaan Perhitungan Jam Puncak (<i>Peak Hour</i>)	37
3.8. Perencanaan Perhitungan Analisis Fasilitas Sisi Udara ...	38
3.8.1. Perencanaan Panjang <i>Runway</i>	39
3.8.2. Perencanaan <i>Taxiway</i>	55
3.8.3. Perencanaan <i>Apron</i>	68
3.9. Perencanaan Perhitungan <i>Runway Occupancy Time</i>	74
3.10. Perencanaan Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar	74
3.10.1. Perencanaan Perhitungan Kecepatan <i>Taxiing</i> Pesawat	74
3.10.2. Perencanaan Perhitungan gaya <i>Thrust</i> Mesin	75
3.10.3. Menghitung Kebutuhan Operasional Bahan Bakar.....	76
3.10.4. Menghitung jumlah biaya yang dibutuhkan.....	77
3.11. Jadwal Penyelesaian Tugas akhir	78
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	79
4.1. Analisis Data Perencanaan Perhitungan Lalu Lintas Udara	79
4.2. Pergerakan Pesawat dan Perhitungan Kapasitas <i>Runway</i> pada tahun 2019	80
4.2.1. Perencanaan Hari Sibuk dan Jam Sibuk Pada Tahun 2019	81
4.2.2. Perhitungan Kapasitas <i>Runway</i> pada tahun 2019 menggunakan metode matematis.....	85
4.2.3. Perhitungan Kapasitas <i>Runway</i> pada tahun 2019 menggunakan metode FAA	101
4.3. Pergerakan Pesawat dan Kapasitas <i>Runway</i> pada tahun 2030.....	107
4.3.1. Peramalan Lalu Lintas Udara tahun 2030.....	107
4.3.2. Perencanaan Hari Sibuk dan Jam Sibuk tahun 2030	110
4.3.3. Perhitungan Kapasitas <i>Runway</i> Rencana menggunakan metode matematis.....	114

4.3.4. Perhitungan Kapasitas <i>Runway</i> pada tahun 2030 menggunakan metode FAA	130
4.3.5. Perhitungan Peramalan Penumpang pada tahun 2030	137
4.4. Perencanaan Fasilitas Sisi Udara Tahun 2030.....	141
4.4.1. Perencanaan <i>Runway</i>	141
4.4.2. Perencanaan <i>Taxiway</i>	158
4.4.3. Perencanaan <i>Apron</i>	169
4.5. Perhitungan <i>Runway Occupancy Time</i> (ROT)	177
4.6. Perhitungan Bahan Bakar	180
4.6.1. Variabel Untuk Analisis Perhitungan Bahan Bakar	180
4.6.2. Perhitungan Kecepatan <i>Taxiing</i>	185
4.6.3. Perhitungan Gaya Thrust	185
4.6.4. Perhitungan Tingkat Konsumsi Bahan Bakar	187
4.6.5. Perhitungan Biaya Pertambahan Konsumsi Bahan Bakar	188
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	195
5.1. Kesimpulan	195
5.2. Saran	196
DAFTAR PUSTAKA	199
LAMPIRAN.....	202
BIOGRAFI PENULIS	223

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Bandara Sultan Syarif Kasim – II, Pekanbaru	3
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penyelesaian Tugas Akhir	19
Gambar 3. 2 Penampang Stopway / Overrun	43
Gambar 3. 3 Ilustrasi letak RESA	45
Gambar 3. 4 Penampang <i>Holding Bay</i>	46
Gambar 3. 5 Ilustrasi Runway Strip	48
Gambar 3. 6 Ilustrasi Letak Clearway	49
Gambar 3. 7 Runway Designation Marking	50
Gambar 3. 8 Threshold Marking	51
Gambar 3. 9 Jarak Threshold Marking	51
Gambar 3. 10 Runway Centre line Marking	52
Gambar 3. 11 Aiming Point Marking	53
Gambar 3. 12 Touchdown zone marking	54
Gambar 3. 13 Rapid Exit Taxiway	58
Gambar 3. 14 Taxiway Curve	60
Gambar 3. 15 Fillet Taxiway	61
Gambar 3. 16 Jari-jari Fillet	62
Gambar 3. 17 Ilustrasi Taxiway Strip	64
Gambar 3. 18 Taxiway Centerline Marking	65
Gambar 3. 19 Taxiway Edge Marking	65
Gambar 3. 20 Taxiway Shoulder Marking	66
Gambar 3. 21 Intermediate Holding Position Marking	67
Gambar 3. 22 Exit Guide Line Marking	67
Gambar 3. 23 Konfigurasi pada Apron	70
Gambar 3. 24 Apron Safety Line Marking	71
Gambar 3. 25 Apron Lead-in dan Lead-out Marking	72
Gambar 3. 26 Apron Stop Line Marking	73
Gambar 3. 27 Aerobridge Safety Marking	73

Gambar 4. 1 ILS Chart di Runway 36 Bandara SSK-II (WIBB).....	86
Gambar 4. 2 Ilustrasi Runway dan Exit Taxiway Bandara SSK-II.....	104
Gambar 4. 3 Grafik Histogram Peramalan Pergerakan Pesawat	110
Gambar 4. 4 Ilustrasi Runway dan Exit Taxiway Bandara SSK-II.....	134
Gambar 4. 5 Grafik Histogram Peralaman Pergerakan Penumpang	140
Gambar 4. 6 Dimensi B737-900ER	143
Gambar 4. 7 Kemiringan Memanjang Runway.....	146
Gambar 4. 8 Grafik Panjang Takeoff	147
Gambar 4. 9 Perpanjangan Runway ke arah Runway 36	149
Gambar 4. 10 Perpanjangan Runway Ke arah Runway 18 ..	149
Gambar 4. 11 Perencanaan Panjang Runway.....	150
Gambar 4. 12 Perencanaan Lebar Runway	150
Gambar 4. 13 Perencanaan Runway Shoulder	151
Gambar 4. 14 Perencanaan Kemiringan Melintang Runway	151
Gambar 4. 15 Perencanaan Stopway	152
Gambar 4. 16 Perencanaan RESA.....	153
Gambar 4. 17 Perencanaan Holding Bay	153
Gambar 4. 18 Perencanaan Runway Strip.....	154
Gambar 4. 19 Perencanaan Runway Designation Marking pada Runway 18	155
Gambar 4. 20 Perencanaan Runway Designation Marking pada Runway 36	155
Gambar 4. 21 Perencanaan Threshold Marking	156
Gambar 4. 22 Perencanaan Runway Centre line marking....	156
Gambar 4. 23 Perencanaan Aiming Point Marking	157
Gambar 4. 24 Perencanaan Touchdown Zone Marking.....	158

Gambar 4. 25 Perencanaan Dimensi Taxiway	158
Gambar 4. 26 Perencanaan Taxiway Shoulder	159
Gambar 4. 27 Perencanaan Taxiway Transverse Slope	159
Gambar 4. 28 Perencanaan Exit Taxiway	163
Gambar 4. 29 Perencanaan Taxiway Curves.....	164
Gambar 4. 30 Perencanaan Fillet Taxiway	165
Gambar 4. 31 Perencanaan Taxiway Minimum Separation Distance.....	166
Gambar 4. 32 Perencanaan Taxiway Strips	166
Gambar 4. 33 Perencanaan Taxiway Centerline Marking ...	167
Gambar 4. 34 Perencanaan <i>Taxiway Edge Marking</i>	167
Gambar 4. 35 Perencanaan <i>Taxiway Shoulder Marking</i>	168
Gambar 4. 36 Perencanaan Intermediate Holding Position Marking.....	168
Gambar 4. 37 Perencanaan Exit Guide Line Marking	169
Gambar 4. 38 Perencanaan Jumlah Aircraft Gate	170
Gambar 4. 39 Perencanaan Dimensi Gate.....	174
Gambar 4. 40 Perencanaan Apron Separation.....	174
Gambar 4. 41 Perencanaan Apron Safety Line Marking	175
Gambar 4. 42 Perencanaan Apron Lead-in and Lead-out marking	176
Gambar 4. 43 Perencanaan Aircraft Stop Line Marking	176
Gambar 4. 44 Perencanaan Aerobridge Safety Marking	177
Gambar 4. 45 Apron Bandara SSK-II tahun 2030	181
Gambar 4. 46 Jarak dari Runway ke Apron dari arah Runway 18	182
Gambar 4. 47 Jarak dari Runway ke Apron dari arah Runway 36	182
Gambar 4. 48 Jarak dari Runway ke Apron dari arah Runway 18	183
Gambar 4. 49 Jarak dari Runway ke Apron dari arah Runway 36 untuk pesawat kelas D & C.....	183

Gambar 4. 50 Jarak dari Runway ke Apron dari arah Runway 36 untuk pesawat kelas B.....	184
Gambar 4. 51 Harga Satuan Avtur Tipe Jet A-1	189

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel Rencana Induk Nasional Bandar Udara	7
Tabel 3. 1 Separation Minimum Antar Pesawat.....	24
Tabel 3. 2 Matriks Bebas Kesalahan [Mij].....	27
Tabel 3. 3 Klasifikasi Pesawat menurut FAA	34
Tabel 3. 4 Tabel Kapasitas Dasar (C*) untuk VFR.....	35
Tabel 3. 5 Tabel Kapasitas Dasar (C*) untuk IFR	35
Tabel 3. 6 Tabel Touch and Go (T).....	36
Tabel 3. 7 Tabel Exit Factor (E) untuk Kondisi VFR	37
Tabel 3. 8 Tabel Exit Factor (E) untuk Kondisi IFR.....	37
Tabel 3. 9 Pengelompokan Bandar udara berdasarkan kode referensi bandara	39
Tabel 3. 10 Lebar runway (width).....	41
Tabel 3. 11 Runway Shoulder	42
Tabel 3. 12 Kemiringan Melintang Maksimum Runway	42
Tabel 3. 13 Dimensi Stopway	43
Tabel 3. 14 Dimensi RESA	44
Tabel 3. 15 Dimensi Holding Bay	46
Tabel 3. 16 Dimensi Runway Strip	47
Tabel 3. 17 Ukuran Threshold Marking	52
Tabel 3. 18 Keterangan Runway Centre Line Marking	53
Tabel 3. 19 Letak dan Ukuran Aiming Point Marking.....	54
Tabel 3. 20 Keterangan Jarak Touchdown Zone Marking	55
Tabel 3. 21 Jumlah Touchdown Zone Marking	55
Tabel 3. 22 Dimensi Lebar taxiway	56
Tabel 3. 23 Taxiway Shoulder Minimum	57
Tabel 3. 24 Kemiringan Melintang Maksimum Taxiway	57
Tabel 3. 25 Jari-Jari minimum taxiway	58
Tabel 3. 26 Kurva Taxiway	60
Tabel 3. 27 Dimensi Fillet Taxiway	61
Tabel 3. 28 Jari-Jari Fillet Taxiway	62

Tabel 3. 29 Tabel Jarak Garis Tengah Taxiway dan Garis Tengah Runway	63
Tabel 3. 30 Dimensi Taxiway Strip	63
Tabel 3. 31 Jarak Bebas Antar Pesawat Di Apron	69
Tabel 3. 32 Jarak Bebas Antar Pesawat	70
Tabel 3. 33 Wing Tip Clearance pada apron.....	71
Tabel 3. 34 Karakteristik Kinerja Mesin Pesawat.....	77
Tabel 3. 35 Jadwal Penyelesaian Tugas Akhir.....	78
Tabel 4. 1 Pergerakan Pesawat Bandara SSK-II	79
Tabel 4. 2 Pergerakan Penumpang Bandara SSK-II	80
Tabel 4. 3 Rekapitulasi Keberangkatan dan Kedatangan pada bandara SSK-II selama 7 hari	81
Tabel 4. 4 Jadwal Keberangkatan Pada 27 Oktober 2019 Bandara SSK-II.....	82
Tabel 4. 5 Jadwal Kedatangan Pada 27 Oktober 2019 Bandara SSK-II	83
Tabel 4. 6 Rekapitulasi Keberangkatan dan Kedatangan pada hari sibuk tahun 2019.....	84
Tabel 4. 7 Rekapitulasi Kedatangan dan Keberangkatan pada jam sibuk tahun 2030	85
Tabel 4. 8 Komposisi pesawat yang beroperasi pada saat jam sibuk tahun 2019	85
Tabel 4. 9 Kedatangan pesawat pada jam sibuk tahun 2019...	87
Tabel 4. 10 Probabilitas pada Operasi Kedatangan Saja dari Kecepatan Approach.....	87
Tabel 4. 11 Matriks Bebas Kesalahan $[M_{ij}]$	90
Tabel 4. 12 Matriks Presentase Kombinasi $[P_{ij}]$	90
Tabel 4. 13 Matriks Nilai Waktu Pelayanan E $[\Delta T_{ij}]$	90
Tabel 4. 14 Matriks Nilai Sanggah $[B_{ij}]$	93
Tabel 4. 15 Matriks $[M_{ij}] + [B_{ij}]$	93
Tabel 4. 16 Matriks Nilai Waktu Pelayanan E $[\Delta T_{ij}]$	93
Tabel 4. 17 Jarak Pisah Minimum Antar Keberangkatan $[t_d]$.	94

Tabel 4. 18 Keberangkatan pesawat pada jam sibuk tahun 2019	94
Tabel 4. 19 Probabilitas pada Operasi Keberangkatan Saja dari Kecepatan Approach	95
Tabel 4. 20 Matriks $[P_{ij}]$ untuk operasi keberangkatan saja ...	95
Tabel 4. 21 Matriks Nilai waktu pelayanan untuk keberangkatan saja	96
Tabel 4. 22 Komposisi Pesawat pada hari sibuk	96
Tabel 4. 23 Spesifikasi dan Probabilitas Pesawat di hari sibuk tahun 2019	97
Tabel 4. 24 Matriks $[M_{ij}]$ untuk operasi campuran tahun 2019	99
Tabel 4. 25 Matriks $[P_{ij}]$ untuk kedatangan	99
Tabel 4. 26 Matriks $E[T_{ij}]$ untuk operasi campuran	100
Tabel 4. 27 Hasil Kapasitas Runway Metode Matematis Tahun 2019	100
Tabel 4. 28 Penggolongan Pesawat pada hari sibuk tahun 2019	101
Tabel 4. 29 Kapasitas Dasar untuk VFR tahun 2019	102
Tabel 4. 30 Kapasitas Dasar untuk IFR tahun 2019	103
Tabel 4. 31 Tabel Touch and Go untuk kondisi VFR	104
Tabel 4. 32 Jarak Runway Ke Exit Taxiway	105
Tabel 4. 33 Kesimpulan Perhitungan Kapasitas Runway eksisting	107
Tabel 4. 34 Perhitungan Pergerakan Pesawat dengan Metode Regresi Linier	108
Tabel 4. 35 Hasil Peramalan Pergerakan Pesawat dengan Metode Regresi Linier	109
Tabel 4. 36 Peramalan Komposisi Pesawat Tahun 2030	112
Tabel 4. 37 Jenis Pesawat pada hari sibuk tahun 2030	112
Tabel 4. 38 Jenis Pesawat pada jam sibuk tahun 2030	113

Tabel 4. 39 Komposisi pesawat yang beroperasi pada saat jam sibuk tahun 2030	114
Tabel 4. 40 Kedatangan pesawat pada jam sibuk tahun 2030.....	115
Tabel 4. 41 Probabilitas pada Operasi Kedatangan Saja dari Kecepatan Approach tahun 2030	116
Tabel 4. 42 Matriks Bebas Kesalahan $[M_{ij}]$	118
Tabel 4. 43 Matriks Presentase Kombinasi $[P_{ij}]$	119
Tabel 4. 44 Matriks Nilai Waktu Pelayanan E $[\Delta T_{ij}]$	119
Tabel 4. 45 Matriks Nilai Sanggah $[B_{ij}]$	121
Tabel 4. 46 Matriks $[M_{ij}] + [B_{ij}]$	122
Tabel 4. 47 Matriks Nilai Waktu Pelayanan E $[\Delta T_{ij}]$	122
Tabel 4. 48 Jarak Pisah Minimum Antar Keberangkatan $[t_d]$	123
Tabel 4. 49 Keberangkatan pesawat pada jam sibuk tahun 2019.....	123
Tabel 4. 50 Probabilitas pada Operasi Keberangkatan Saja dari Kecepatan Approach	124
Tabel 4. 51 Matriks $[P_{ij}]$ untuk operasi keberangkatan saja.	124
Tabel 4. 52 Matriks Nilai waktu pelayanan untuk keberangkatan saja	125
Tabel 4. 53 Komposisi Pesawat pada hari sibuk	126
Tabel 4. 54 Spesifikasi dan Probabilitas Pesawat di hari sibuk tahun 2030.....	126
Tabel 4. 55 Matriks $[M_{ij}]$ untuk operasi campuran	129
Tabel 4. 56 Matriks $[P_{ij}]$ untuk kedatangan.....	129
Tabel 4. 57 Matriks E $[T_{ij}]$ untuk operasi campuran	129
Tabel 4. 58 Hasil Kapasitas Runway rencana	130
Tabel 4. 59 Penggolongan Pesawat pada hari sibuk tahun 2030.....	131
Tabel 4. 60 Kapasitas Dasar untuk VFR tahun 2030	132
Tabel 4. 61 Kapasitas Dasar untuk IFR tahun 2030.....	132

Tabel 4. 62 Tabel Touch and Go untuk kondisi VFR	133
Tabel 4. 63 Jarak Runway Ke Exit Taxiway	134
Tabel 4. 64 Kesimpulan Perhitungan Kapasitas Runway rencana	136
Tabel 4. 65 Perhitungan Pergerakan Penumpang dengan Metode Regresi Linier	137
Tabel 4. 66 Hasil Peramalan Pergerakan Penumpang dengan Metode Regresi Linier	139
Tabel 4. 67 Karakteristik Umum B 737-900ER	142
Tabel 4. 68 Hasil Standard Atmosfir	145
Tabel 4. 69 Data Kecepatan dan Perlambatan untuk tiap kategori pesawat	160
Tabel 4. 70 Jarak ujung runway ke titik touchdown (D_1) dan jarak titik touchdown ke lokasi exit taxiway (D_2)	161
Tabel 4. 71 Jarak ujung runway ke titik touchdown (D_1) dan Hasil koreksi jarak titik touchdown (D_2) ...	162
Tabel 4. 72 Jarak Total dari ujung runway menuju lokasi exit taxiway	163
Tabel 4. 73 Karakteristik Pesawat dalam Perencanaan Apron	171
Tabel 4. 74 Presentase Pemakaian Gate	172
Tabel 4. 75 Nilai ROT untuk tiap-tiap kategori pesawat	179
Tabel 4. 76 Kategori Pesawat yang beroperasi pada 2030 ...	179
Tabel 4. 77 Perhitungan Jumlah ROT pada Jam Sibuk tahun 2030	179
Tabel 4. 78 Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar Tahun 2030 dari runway 18	192
Tabel 4. 79 Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar Tahun 2030 dari runway 36	192
Tabel 4. 80 Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar Eksisting Tahun 2019 dari runway 18	192

Tabel 4. 81 Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar Eksisting Tahun 2019 dari runway 36	192
Tabel 4. 82 Selisih Kebutuhan Bahan Bakar tahun rencana dan eksisting dari runway 18.....	193
Tabel 4. 83 Selisih Kebutuhan Bahan Bakar tahun rencana dan eksisting dari runway 36.....	193

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bandar udara Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No. 1 Tahun 2009 Tentang Penerbangan adalah kawasan di daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu yang digunakan sebagai tempat pesawat udara mendarat dan lepas landas, naik turun penumpang, bongkar muat barang dan tempat perpindahan intra dan antarmoda transportasi, yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan, serta fasilitas pokok dan fasilitas pokok dan fasilitas penunjang lainnya.

Kota Pekanbaru terletak antara $101^{\circ}14'$ - $101^{\circ}34'$ Bujur Timur dan $0^{\circ}25'$ - $0^{\circ}45'$ Lintang Utara. Dengan ketinggian dari permukaan laut berkisar 5-50 meter. Permukaan wilayah bagian utara landai dan bergelombang dengan ketinggian berkisar antara 5-11 meter. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No.19 Tahun 1987 Tanggal 7 September 1987 Daerah Kota Pekanbaru diperluas dari $\pm 62,96 \text{ Km}^2$ menjadi $\pm 446,50 \text{ km}^2$, terdiri dari 8 Kecamatan dan 45 Kelurahan/Desa. Dari hasil pengukuran/pematokan di lapangan oleh BPN Tk. I Riau maka ditetapkan luas wilayah Kota Pekanbaru adalah $632,26 \text{ km}^2$.

Bandara Sultan Syarif Kasim-II (SSK-II) (Kode IATA: PKU – ICAO : WIBB) terletak di Kelurahan Maharatu, Kecamatan Marpoyan Damai, Kota Pekanbaru, Provinsi Riau. Bandara ini merupakan bandar udara yang berperan penting dalam pergerakan serta pertumbuhan ekonomi dan sebagai salah satu pintu gerbang untuk menuju Propinsi Riau. Bandara Sultan Syarif Kasim-II dikekola oleh PT Angkasa Pura II (Persero). Bandara ini melayani kedatangan dalam dan luar negeri dengan fasilitas sisi udara yakni, *runway* dengan dimensi 2600m x 45m (arah 18-36), 2 *taxiway* dengan dimensi 49,5m x 31,5m, dan apron dengan luas 34.043 m^2

dengan 9 parking stand pesawat dari Annual Report Angkasa Pura (2010).

Hierarki menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia adalah urutan tingkatan atau jenjang jabatan pangkat kedudukan. Jenis Hierarki kebandarudaraan menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 69 Tahun 2013, adalah Bandara Pengumpul (*hub*) yang memiliki cakupan pelayanan yang luas dalam melayani penumpang dan kargo. Macam-macam bandar udara pengumpul adalah Bandar udara pengumpul dengan skala layanan Primer yaitu bandar udara sebagai salah satu prasarana penunjang pelayanan Pusat Kegiatan Nasional (PKN) yang melayani penumpang lebih besar atau sama dengan 5 juta pertahun. Bandar udara pengumpul skala sekunder dengan jumlah penumpang 1-5 juta pertahun, dan bandar udara pengumpul skala tersier dengan jumlah penumpang antara 500 ribu-1 juta pertahun.

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 69 Tahun 2013, bandar udara Bandara Sultan Syarif Kasim II (SSK-II), Pekanbaru dijelaskan adanya perubahan hierarki bandar udara, dimana pada 2030 terjadi perubahan peran bandara SSK-II menjadi peran pengumpul dengan layanan Primer (PP) dan terdapat persamaan klasifikasi landas pacu pada bandara SSK-II di tahun 2020 dan 2030 yaitu kategori 4D (ARFL > 1800m, bentang sayap 36m – 52m).

Dampak yang terjadi pada perubahan hierarki bandara SSK-II tahun 2030 adalah peningkatan jumlah penumpang menjadi lebih dari 5 juta pertahun pada tahun 2030, jumlah penumpang yang meningkat akan berdampak pada penambahan jumlah frekuensi penerbangan yang akan membutuhkan peningkatan pelayanan fasilitas sisi udara meliputi landas pacu (*runway*), landas hubung (*taxiway*), dan tempat parkir pesawat udara (*apron*) yang harus memenuhi standar kekuatan dan kebutuhan dimensi ukurannya. Sebagai bandar udara Internasional, bandara SSK-II memiliki arus lalu lintas yang cukup padat, maka dari itu perlu

adanya perkembangan pembangunan fasilitas sisi udara dalam rangka mempersiapkan perubahan hirarki bandara SSK-II di tahun 2030 sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 69 Tahun 2013, tentang Tata letak Kebandarudaraan Nasional.

Pada Gambar 1.1. merupakan kondisi eksisting bandara SSK-II dimana belum terdapat *Parallel Runway* yang berarti bahwa pesawat yang telah *landing* dan yang akan *takeoff* harus menggunakan *runway* sepenuhnya untuk berputar di *turnpad* untuk melakukan *landing* dan *takeoff*.



Gambar 1. 1 Bandara Sultan Syarif Kasim – II, Pekanbaru
(Sumber: *Google Earth*)

Perubahan hierarki bandara SSK-II tahun 2030, dan belum adanya *parallel taxiway* pada bandara eksisting menjadi dasar pemikiran untuk mengevaluasi keperluan perencanaan ulang fasilitas sisi udara bandara SSK-II dalam menghadapi perubahan hierarki kebandarudaraan tahun 2030, dimana hasil evaluasi ini akan digunakan untuk membuat desain perencanaan ulang sisi udara yang memperhatikan jumlah penumpang dan jumlah pergerakan pesawat pada tahun 2030, yang diharapkan dapat memberikan kondisi sisi udara yang optimal untuk melayani pesawat yang beroperasi pada tahun 2030.

Fasilitas sisi udara bandara SSK-II yang direncanakan diharapkan dapat meningkatkan pelayanan sisi udara pada tahun 2030. Menurut Horonjeff (2011) Runway dan *Exit Taxiway* diatur mampu mengatasi pergerakan maksimum yang terjadi pada saat

kondisi *peak hour* untuk mengurangi hambatan yang mungkin terjadi saat *landing*, *taxiing*, *takeoff* dan menyediakan *taxiway* yang memadai, sehingga pesawat yang akan *landing* dapat meninggalkan *runway* secepat mungkin, sehingga penggunaan *runway* yang kecil dapat meningkatkan kapasitas suatu bandara untuk menampung pesawat yang akan *landing* dan *takeoff*.

Pada perencanaan kali ini juga memperhitungkan kebutuhan nilai operasional terhadap konsumsi bahan bakar pesawat akibat perubahan yang terjadi pada sisi udara bandara SSK-II tahun 2030.

1.2 Perumusan Masalah

Perubahan hierarki bandara SSK-II menyebabkan pertumbuhan penumpang ditahun 2030. Sehingga, perlu dilakukan perencanaan ulang untuk mengatasi lonjakan penumpang pada tahun 2030. Dalam perencanaan ulang tersebut ada beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimanakah peramalan jumlah pergerakan pesawat dan jumlah penumpang pada bandara SSK-II tahun 2030?
2. Bagaimana kondisi eksisting kapasitas *runway* pada bandara SSK-II? dan berapa kapasitas *runway* rencana?
3. Bagaimana desain *layout* sisi udara yang meliputi *Runway*, *Paralel Taxiway*, dan *Apron* sesuai dengan kebutuhan penumpang dan pergerakan pesawat berdasarkan hierarki tahun 2030?
4. Berapakah kebutuhan nilai operasional bahan bakar bila terjadi perubahan sisi udara pada tahun 2030?

1.3 Tujuan

Untuk mengantisipasi perubahan sisi udara yang terjadi akibat adanya perubahan hierarki bandara, ada beberapa tujuan yang harus dicapai, yaitu :

1. Mengetahui peramalan jumlah pergerakan pesawat dan jumlah penumpang pada bandara SSK-II tahun 2030.

2. Mengetahui kondisi eksisting kapasitas *runway* pada bandara SSK-II dan mengetahui kapasitas *runway* rencana.
3. Mengetahui desain *layout* sisi udara yang meliputi *Runway*, *Paralel Taxiway*, dan *Apron* sesuai dengan kebutuhan penumpang dan pergerakan pesawat berdasarkan hierarki tahun 2030.
4. Mengetahui kebutuhan nilai operasional bahan bakar bila terjadi perubahan sisi udara pada tahun 2030.

1.4 Batasan Masalah

Agar dapat terarah dan mempunyai ruang lingkup yang jelas sehingga tidak menimbulkan kesalahpahaman, serta mempermudah dalam memahami masalah yang akan dibahas, maka perlu adanya suatu batasan masalah dalam tugas akhir ini. Adapun batasan masalah tersebut adalah :

1. Lokasi yang ditinjau pada penulisan tugas akhir ini adalah Bandara Internasional Sultan Syarif Kasim-II, Pekanbaru, Riau.
2. Fasilitas bandara yang ditinjau adalah fasilitas sisi udara yaitu *Runway*, *Paralel Taxiway*, *Exit Taxiway* dan *Apron*.
3. Ramalan jumlah penumpang yang di analisis adalah jumlah penumpang pada tahun 2030.
4. Mengetahui kebutuhan bahan bakar bila terjadi perubahan sisi udara.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui bagaimana layout dan dimensi sisi udara (*runway*, *exit taxiway*, *parallel taxiway* dan *apron*) bandara SSK-II pada tahun 2030.
2. Mengetahui kapasitas sisi udara, guna mempersiapkan hirarki kebandarudaraan 2030.
3. Mengetahui kebutuhan kenaikan biaya operasional pesawat bila terdapat perubahan sisi udara.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

STUDI LITERATUR

2.1. Hierarki Kebandarudaraan

Pada Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 69 Tahun 2013 Tentang Kebandarudaraan Nasional, Kebandarudaraan adalah segala sesuatu yang berkaitan dengan penyelenggaraan bandar udara dan kegiatan lainnya dalam melaksanakan fungsi keselamatan, keamanan, kelancaran, dan ketertiban arus lalu lintas pesawat udara, penumpang, kargo, dan/atau pos, tempat perpindahan intra dan/atau antarmoda serta meningkatkan pertumbuhan ekonomi nasional dan daerah.

Tatanan Kebandarudaraan Nasional adalah sistem kebandarudaraan secara nasional yang menggambarkan perencanaan bandar udara berdasarkan rencana tata ruang, pertumbuhan ekonomi, keunggulan komparatif wilayah, kondisi alam dan geografi, keterpaduan intra dan antarmoda transportasi, kelestarian lingkungan, keselamatan dan keamanan penerbangan, serta keterpaduan dengan sektor pembangunan lainnya. Pada Pasal 29 Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 69 Tahun 2013, menyebutkan bahwa Rencana induk nasional bandar udara, memuat: kebijakan nasional bandar udara dan Rencana lokasi bandar udara beserta penggunaan, hierarki, dan klasifikasi bandar udara. Pada tabel 2.1 merupakan rencana perubahan pada bandara SSK-II di tahun 2020 dan 2030 yang tertera pada Lampiran II Pada Pasal 29 Peraturan Menteri Perhubungan No. 69 th 2013 Tentang Tatanan Kebandarudaraan Nasional

Tabel 2. 1 Tabel Rencana Induk Nasional Bandar Udara

BANDAR UDARA	Kota/Lokasi	Penggunaan Bandar Udara		Bandar Udara		Klasifikasi Landas Pacu	
		2020	2030	2020	2030	2020	2030
PROPINSI RIAU							
Sultan Syarif Kasim II	Pekanbaru	Int'l	Int'l	PS	PP	4D	4D

Keterangan :

- Int'l = Internasional
- PP = Pengumpul Skala Primer
- PS = Pengumpul Skala Sekunder

Sumber : Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 69 Tahun 2013

Bandar udara pengumpul (*hub*) sebagaimana dimaksud merupakan bandar udara yang mempunyai cakupan pelayanan yang luas dari berbagai bandar udara yang melayani penumpang yang luas dari berbagai bandar udara yang melayani penumpang dan/atau kargo dalam jumlah besar dan mempengaruhi perkembangan ekonomi secara nasional atau berbagai provinsi yang dibedakan menjadi:

- A. Bandar udara pengumpul dengan skala pelayanan primer, yaitu bandar udara sebagai salah satu prasarana penunjang Pusat Kegiatan Nasional (PKN) yang melayani penumpang dengan jumlah lebih besar atau sama dengan 5.000.000 (lima juta) orang per tahun.
- B. Bandar udara pengumpul dengan skala pelayanan sekunder, yaitu bandar udara sebagai salah satu prasarana penunjang Pusat Kegiatan Nasional (PKN) yang melayani penumpang dengan jumlah lebih besar dari atau sama dengan 1.000.000 (satu juta) dan lebih kecil dari 5.000.000 (lima juta) orang per tahun.
- C. Bandar udara pengumpul dengan skala pelayanan tersier, yaitu bandar udara sebagai salah satu prasarana penunjang Pusat Kegiatan Nasional (PKN) dan Pusat Kegiatan Wilayah (PKW) yang melayani penumpang dengan jumlah lebih besar dari atau sama dengan 500.000 (lima ratus ribu) dan lebih kecil dari 1.000.000 (satu juta) orang per tahun.

Didalam tahap ini diulas mengenai Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 69 Tahun 2013, tentang Tata

Kebandarudaraan Nasional yang mengatur rencana induk nasional yang berisi perubahan hierarki kebandarudaraan bandara SSK-II, Pekanbaru yang menjelaskan terdapat perubahan hierarki kebandarudaraan pada bandara SSK-II pada tahun 2030 menjadi bandara dengan pengumpul skala primer, yaitu dengan jumlah penumpang lebih dari 5 (lima) juta penumpang pertahun.

Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Wicaksono & Ahyudanari (2018), perubahan hierarki pada bandar udara Ahmad Yani Semarang dari bandara pengumpul dengan skala sekunder, menjadi bandara pengumpul dengan layanan skala primer pada tahun 2030 dengan klasifikasi landasan pacu yang sama yaitu 4D.

Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Ulmi & Ahyudanari (2019) yang berjudul “Pengaruh Rencana Induk Bandar Udara di Provinsi Kalimantan Selatan Terhadap Jumlah Penumpang Angkutan Udara Pada Tahun 2020 dan 2030” menyatakan bahwa perubahan sebaran pergerakan penumpang pesawat akibat perubahan hierarki akan berpengaruh terhadap *demand* penumpang penerbangan.

2.2. Penentuan Jam Puncak (*Peak Hour*)

Perhitungan pertumbuhan dan historis data lalu lintas udara dalam bentuk pertahun, akan menghasilkan data volume lalu lintas tahunan. Dimana data tersebut didapat dari hasil akumulasi volume perjam dengan nilai yang berbeda. Dalam satu hari (24 jam), terdiri dari jumlah pergerakan pesawat dan penumpang terbanyak yang dihasilkan dari volume per jam yang disebut dengan volume jam puncak. Pengubahan data volume tahunan menjadi volume perjam dapat dilakukan dengan beberapa tahap sesuai dengan data yang dimiliki.

Berdasarkan Studi yang dilakukan oleh Defiani (2012) tentang kapasitas dan sirkulasi penumpang pada gedung terminal domestik, pada perhitungan *peak hour* untuk tahun ke-11 yakni tahun yang akan direncanakan, didapatkan jumlah penumpang

pada tahun ke-11 yang diramalkan adalah 1.051.262 Penumpang dan jumlah penumpang untuk *peak hour* adalah sebanyak 330 Penumpang.

2.3. Penentuan Peramalan (*forecasting*)

Menurut Horonjeff (2011), bandara harus dikembangkan berdasarkan prakiraan (*forecast*). Dari prakiraan peramalan penumpang dapat ditetapkan keefektifan berbagai fasilitas bandara. Pada umumnya prakiraan dibutuhkan untuk periode jangka pendek, menengah dan jangka panjang atau kira kira 5 tahun, 10 tahun dan 20 tahun. Dari ketiganya, prakiraan jangka pendek cenderung lebih akurat daripada prakiraan jangka yang lebih panjang.

Dalam perencanaan sarana dan prasarana transportasi yang menunjang pergerakan manusia, barang, atau kendaraan, butuh keseimbangan antara jumlah penumpang dan ketersediaan moda transportasi. Maka, dibutuhkanlah metode peramalan untuk memprediksi jumlah penumpang angkutan udara dan volume perjalanan transportasi.

Menurut Nasution (2004) dalam buku dengan judul 'Manajemen Transportasi' terdapat beberapa teknik peramalan yang dapat digunakan untuk menghitung jumlah penumpang pesawat udara dimasa yang akan datang. Pemilihan teknik peramalan yang tepat bergantung dengan ketersediaan data yang diperlukan, tujuan peramalan, kaitan dengan tingkat akurasi, teknik yang digunakan, waktu dan perolehan data. Beberapa metode peramalan yang sesuai untuk menentukan jumlah penumpang angkutan udara adalah sebagai berikut.

a. Model eksponensial : $Y = ab^x$

Model ini digunakan untuk keadaan di mana variabel memperlihatkan laju pertumbuhan yang konstan terhadap waktu. Gejala ini sering terjadi dalam dunia penerbangan terutama untuk proyeksi-proyeksi tingkat kegiatan yang

memperlihatkan kecenderungan-kecenderungan jangka panjang meningkat atau menurun dengan suatu persentase tahunan rata-rata.

b. Model regresi linier : $Y = a + bx$

Model linier digunakan untuk pola permintaan yang menunjukkan suatu hubungan linier dengan perubahan waktu. Hubungan yang mendasarinya mungkin konstan atau berubah dengan pola yang teratur, musiman, atau siklus.

c. Model logistik : $1/Y = a + bx$

Model ini digunakan bila laju pertumbuhan tahunan rata-rata secara berangsur-angsur berkurang sesuai dengan waktu. Dengan timbulnya pasar penerbangan sering terjadi periode awal dengan pertumbuhan tahunan yang terus meningkat, periode pertengahan dengan pertumbuhan yang konstan, dan periode akhir dimana pertumbuhan menurun sampai pada satu titik dimana telah terjadi kejenuhan.

Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Ardiansyah & Ahyudanari (2017) dapat diketahui bahwa terdapat beberapa jenis metode peramalan yang jika dilihat dari jangka waktu peramalan, terdapat 3 (tiga) macam yaitu, Peramalan jangka pendek, peramalan jangka menengah, dan peramalan jangka panjang. Apabila dilihat dari sifat penyusunannya, terdapat 2 (dua) macam yaitu, peramalan subjektif dan peramalan objektif. Apabila dilihat dari sifat ramalan yang telah disusun, terdapat 2 (dua) macam yaitu, peramalan kualitatif atau teknologis, dan peramalan kuantitatif. Dalam studi ini, penulis menggunakan peramalan penumpang dengan metode regresi linier, yang diperoleh persamaan regresi linier arus penumpang keberangkatan bandara Juanda : $y = a + b.x$, dan untuk memberikan keakuratan pada metode ini, maka menggunakan standar korelasi R^2 .

Berdasarkan Studi yang dilakukan oleh Fathciyah (2014) tentang pengaruh metode peramalan terhadap perencanaan suatu fasilitas penumpang di terminal keberangkatan domestik bandara

Juanda, Surabaya. Didapatkan hasil bahwa Metode peramalan yang mendekati kondisi eksisting adalah metode ARIMA karena memiliki autorgresif yakni ada ikatan dengan data-data sebelumnya, dan metode ARIMA memiliki tingkat kesalahan sebesar 12,38% dibandingkan dengan metode regresi *dummy* yang memiliki tingkat kesalahan 15,13%.

2.4. Penentuan Kapasitas *Runway*

Kapasitas dari komponen bandara yakni *Runway* penting untuk diketahui karena berkaitan dengan keselamatan operasional penerbangan. Jika jumlah dari penerbangan lebih besar daripada kemampuan *runway* untuk menampung sebuah penerbangan, maka akan terjadi kelebihan kapasitas *runway* yang menyebabkan terjadinya *overload* pada sistem *Air Traffic Management* (ATM). Maka dari itu, dilakukan perhitungan kapasitas *runway* pada tahun eksisting guna memprediksi kebutuhan kapasitas *runway* pada tahun rencana.

Pada tugas akhir ini, penentuan kapasitas *runway* dihitung dengan menggunakan 2 (dua) metode, yakni menggunakan perhitungan kapasitas *runway* dengan metode matematis oleh Horonjeff (2011), dan metode FAA oleh *Federal Aviation Administratuin* (FAA) dalam *Advisory Circular* (AC) 150/5060-5.

2.4.1. Penentuan Kapasitas *Runway* Metode Matematis

Menurut Horonjeff (2011), perhitungan kapasitas *runway* menggunakan perumusan matematis kapasitas jenuh, dimana model ini menentukan jumlah operasi pesawat maksimum yang dapat ditampung oleh *runway* dalam jangka waktu tertentu.

1. Pengembangan model untuk kedatangan saja (*arrivals only*)
 - i. Keadaan bebas kesalahan (*Error Free Case*)
 - Keadaan Merapat (*The Closing Case*) ($V_i \leq V_j$)
 - Keadaan Meregang (*The Opening Case*) ($V_i \geq V_j$)
 - Keadaan Sama Besar ($V_i = V_j$)
 - ii. Keadaan kesalahan posisi (*Considering of Position Error*)
 - Keadaan Merapat (*The Closing Case*) ($V_i \leq V_j$)

- Keadaan Meregang (*The Opening Case*) ($V_i \geq V_j$)
 - Keadaan Sama Besar ($V_i = V_j$)
2. Pengembangan model untuk keberangkatan saja (*departures only*)
 3. Pengembangan model untuk operasi campuran (*Mix Operation*)

2.4.2. Penentuan Kapasitas Runway metode FAA

American Federal Aviation Administration (FAA) dalam *Advisory Circular (AC) 150/5060-5* dengan judul *Airport Capacity and delay*, 1983 telah menyediakan perhitungan untuk kapasitas bandar udara dengan mempertimbangkan metode VFR dan IFR.

Di dalam dunia penerbangan, terdapat 2 macam peraturan pemisahan untuk pesawat terbang, yakni dibedakan menurut kondisi cuaca yang bakal dihadapi oleh pilot untuk terbang, yakni: VFR & IFR. Dikarenakan adanya peraturan pemisahan pesawat dalam kondisi VFR & IFR, maka yang pertama kali dilakukan adalah menentukan kondisi tinggi awan dan jarak pandang.

1. Kondisi VFR (*Visual Flight Rules*)

VFR adalah metode menerbangkan pesawat udara dengan hanya dengan melihat kompas dan keadaan visual yakni daratan, tanda-tanda alam seperti gunung, sungai, pantai dan jalan. Kondisi VFR memiliki kondisi tinggi awan diatas 1000 ft dan jarak pandang lebih dari 3 mil.

2. Kondisi IFR (*Instrument Flight Rules*)

IFR adalah metode menerbangkan pesawat udara dengan menggunakan alat instrument yang disediakan oleh pemandu lalu lintas udara di bandara. Kondisi IFR memiliki kondisi tinggi awan antara 670 sampai 1000 ft dan atau jarak pandang 1 sampai 3 mil.

Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Widjadja & Ahyudanari (2017) yakni Evaluasi Potensi Terjadinya Delay pada Sisi Udara Bandara Internasional Juanda untuk 5 dan 10 tahun mendatang, didapatkan data bahwa kapasitas *runway* eksisting

dapat melayani 48 pergerakan/jam pada kondisi *peak hour*, namun sesuai perhitungan terdapat potensi delay sebesar 12 menit 8 detik dengan 31 pergerakan/jam pada saat *peak hour*. Sehingga disimpulkan bahwa *runway* eksisting sudah tidak dapat melayani *demand* yang ada.

Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Primashanti & Ahyudanari (2017) pada perhitungan kapasitas *runway* dinyatakan bahwa *runway* pada bandara Juanda sudah tidak mampu melayani jumlah pergerakan, didapatkan kapasitas *runway* untuk melayani kedatangan saja sebanyak 19 Pergerakan/jam, untuk melayani keberangkatan saja sebanyak 37 Pergerakan/jam, dan untuk melayani operasi campuran sebanyak 37 Pergerakan/jam. Sehingga dibutuhkan *runway parallel* yang beroperasi pada terminal 3 dalam melayani pergerakan pesawat yang beroperasi untuk 75 juta penumpang.

Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Mas Oka (2010) yang berjudul Analisis Perhitungan Kapasitas Runway Bandar Udara Soekarno-Hatta, menggunakan perhitungan metode matematis didapatkan hasil bahwa kapasitas bandar udara soekarno-hatta untuk operasi kedatangan saja sebesar 21 Operasi per jam, untuk operasi keberangkatan saja sebesar 55 operasi per jam, sedangkan operasi campuran adalah 64 operasi per jam.

Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Mas Oka & Eriyandi, (2013) yang berjudul Perhitungan Kapasitas Jenuh Runway Bandar Udara Soekarno-Hatta Berdasarkan Metode Dari Federal Aviation Administration yang dihasilkan bahwa untuk kondisi VFR sebesar 76 Operasi dan kondisi IFR sebesar 71 Operasi, namun jika dibandingkan dari matematis dan FAA, untuk perhitungan kapasitas runway dengan formula matematis lebih cocok untuk digunakan di Bandar Udara Soekarno-Hatta, dikarenakan pada metode matematis sangat dipengaruhi oleh aturan separasi yang diterapkan di suatu bandara, namun bila metode FAA diberlakukan

suatu pendekatan yang berlaku secara umum tanpa mempertimbangkan standar separasi yang diterapkan.

2.5. Penentuan Fasilitas Sisi Udara

Menurut Keputusan Menteri Perhubungan KM No. 47 tahun 2002 menyebutkan bahwa sisi udara suatu bandar udara dan segala fasilitas penunjangnya yang merupakan daerah bukan publik tempat setiap orang, barang, dan kendaraan yang akan memasukinya wajib melalui pemeriksaan keamanan dan/atau memiliki izin khusus. Jika ditinjau dari pengoperasiannya fasilitas sisi udara sangat erat kaitannya dengan karakteristik pesawat dan dapat menunjang keselamatan, keamanan, dan kelancaran penerbangan yang dilayani (SKEP/77/VI/2005). Fasilitas Sisi Udara pada suatu bandara terdiri dari *Runway*, *Taxiway*, dan *Apron*.

2.5.1. Runway (Landas Pacu)

Runway adalah fasilitas yang berupa suatu perkerasan yang disiapkan untuk pesawat melakukan kegiatan pendaratan dan tinggal landas. Panjang landas pacu dipengaruhi oleh pesawat kritis yang dilayani, temperatur udara sekitar, ketinggian lokasi, kemiringan landas pacu dan karakteristik permukaan landas pacu (SKEP/77/VI/2005). Dalam tugas akhir ini, akan dibahas beberapa bagian dari Landas pacu diantaranya : Bahu landas pacu, *Overrun* yang meliputi *Clearway* dan *Stopway*, *Longitudinal Slope*, *Transversal Slope*, *Runway Strip*, *Holding Bay*, *RESA (Runway End Safety Area)*, dan Marka landas pacu.

2.5.2. Taxiway (Landas Hubung)

Taxiway adalah fasilitas yang dibangun untuk jalan keluar masuk pesawat dari landas pacu sebagai sarana penghubung antara beberapa fasilitas seperti *Aircraft Parking Position*, *Taxilane*, *Apron*, *Taxiway*, dan *Rapid Exit Taxiway* (SKEP/77/VI/2005).

2.5.3. *Apron (Landas Parkir)*

Apron adalah tempat yang disediakan bagi pesawat saat melakukan kegiatan menaikkan dan menurunkan penumpang, muatan pos dan kargo dari pesawat, pengisian bahan bakar, parkir dan perawatan pesawat. *Apron* merupakan bagian dari bandar udara yang melayani terminal sehingga harus dirancang sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik terminal tersebut (SKEP/77/VI/2005).

Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Wicahyani & Ahyudanari (2019), dalam perencanaan sisi udara pada bandara Halim perdanakusuma yang bandara tersebut berubah fungsi dari bandara militer menjadi bandara komersil, didapatkan hasil bahwa arah *runway* sama dengan eksisting yaitu 06-24, panjang *runway* setelah dievaluasi sebesar 3180 meter dengan lebar *runway* 45 meter, Lebar *taxiway* 15 meter, memiliki 1 buah *exit taxiway* dengan sudut 45^0 .

Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Primashanti & Ahyudanari (2017), dalam perencanaan sisi udara pada terminal 3 bandar udara Juanda, Surabaya yang merupakan terminal baru yang diharapkan dapat mengurangi *delay* akibat penambahan jadwal penerbangan yang kiat padat, didapatkan hasil panjang *runway* adalah 3900 meter yang dapat menampung pesawat A380, lebar *runway* 86 meter termasuk bahu landasan, dimensi lebar *taxiway* 30 meter dengan lebar bahu 15 meter di tiap sisinya, letak *exit taxiway* sepanjang 2770 meter diukut dari kedua ujung *runway* dengan sudut 30^0 , dan luas apron dengan tipe *pier* sebesar $1.000.000\text{m}^2$.

Pada tugas akhir kali ini, perencanaan sisi udara pada bandara SSK-II meliputi evaluasi *runway* eksisting, perencanaan *exit taxiway*, perencanaan *parallel taxiway* dikarenakan pada fasilitas sisi udara eksisting belum mempunyai *parallel taxiway*, perencanaan dimensi *apron*, dan perencanaan *jumlah gate*.

2.6. Penentuan Runway Occupancy Time (ROT)

Runway Occupancy Time adalah rata-rata yang diperlukan setiap pesawat udara dalam penggunaan *runway* baik digunakan untuk lepas landas maupun mendarat. Menurut Horonjeff (2011) total waktu penggunaan *runway* dapat dihitung menggunakan prosedur berikut:

- a.) Jarak dari titik *threshold* ke titik *touchdown* pada roda utama.
- b.) Waktu yang dibutuhkan untuk roda depan menyentuh landasan setelah roda utama menyentuh landasan.
- c.) Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kecepatan keluar dari waktu roda depan telah menyentuh landasan dan telah dilakukan pengereman.
- d.) Dan waktu yang dibutuhkan pesawat untuk belok ke *taxiway* dan *runway* sudah tidak ada aktifitas.

2.7. Penentuan Kebutuhan Bahan Bakar Pesawat

Avtur Jet A-1 adalah avtur yang umum digunakan pada pesawat komersial. Avtur jenis ini memiliki kelebihan titik bekunya hingga minus 47 derajat celcius, yang sangat mendukung operasi penerbangan pesawat ketika cruising pada ketinggian jelajah 30-40 ribu kaki.

Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Arifanto & Ahyudanari (2018), dapat diketahui bahwa dalam perancangan *exit taxiway*, kemiringan sangat berpengaruh terhadap biaya operasional penerbangan akibat dari bertambahnya konsumsi bahan bakar pesawat, misalkan untuk kemiringan 2⁰ pada pesawat Boeing 737-900ER, bertambah biaya operasional sebesar Rp. 197.548,- untuk melewati *exit taxiway*. sedangkan untuk pesawat yang lebih besar Boeing 747-800, bertambah biaya operasional sebesar Rp. 736.709,-

Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Fatchitah & Ahyudanari (2017), Konsumsi bahan bakar A320 untuk antrian 1 sampai 4 pesawat bervariasi antara 67,56 lb hingga 270,26lb,

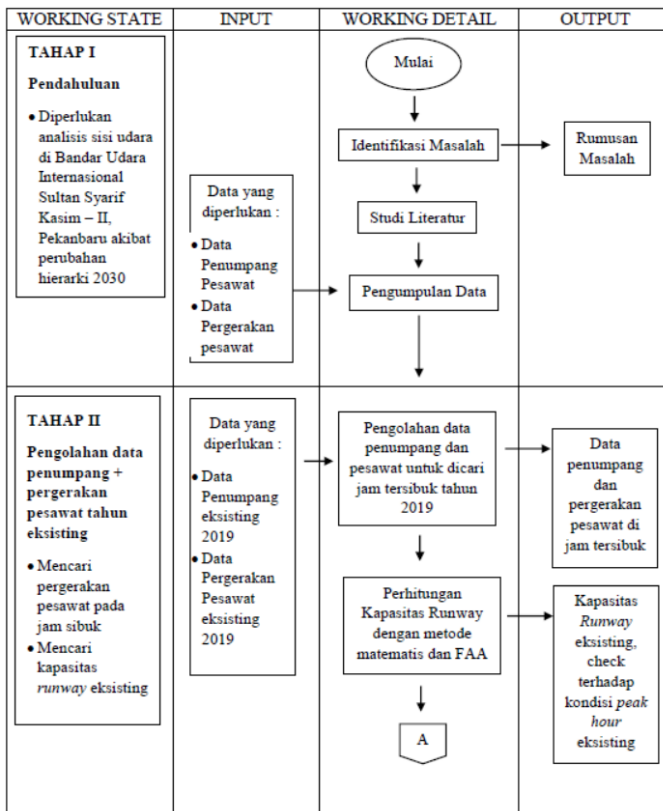
sedangkan konsumsi bahan bakar B737-500 untuk antrian 1 sampai 4 pesawat bervariasi antara 131,31 lb hingga 525,26 lb.

Pada tugas akhir kali ini, perhitungan kebutuhan bahan bakar dilakukan untuk memperoleh jumlah nilai kenaikan operasional diakibatkan adanya sisi udara pada bandara SSK-II pada tahun 2030.

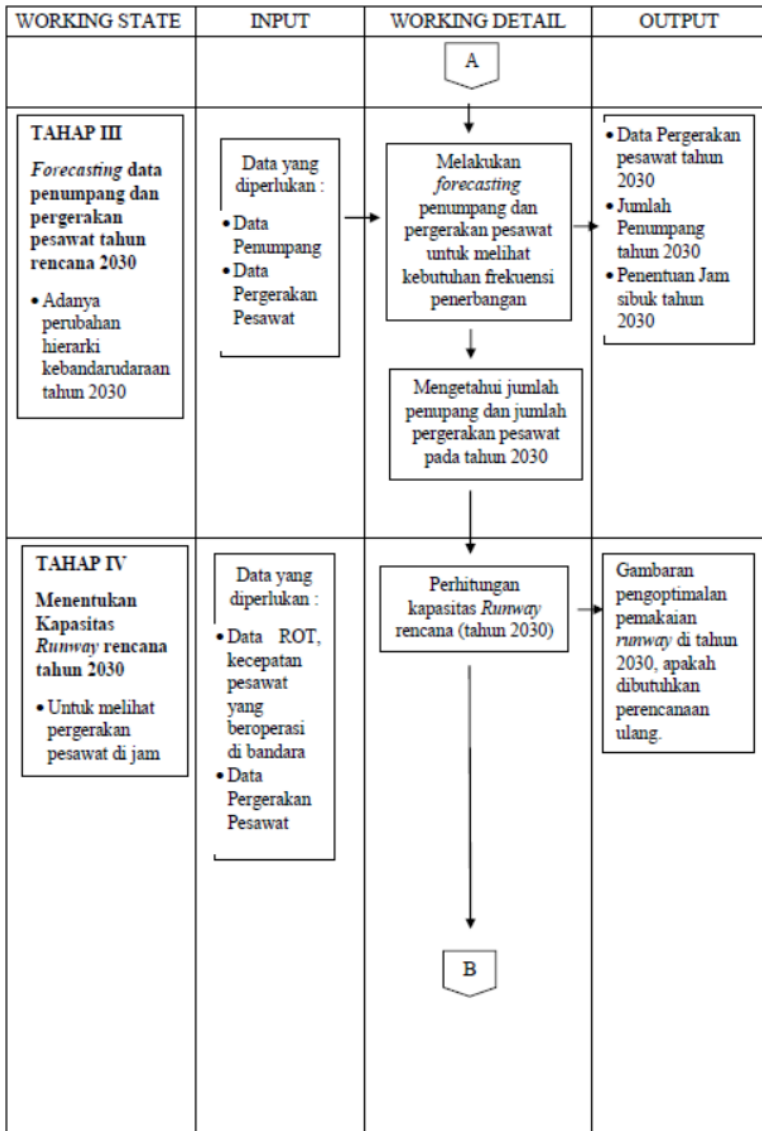
BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram alir penyelesaian tugas akhir

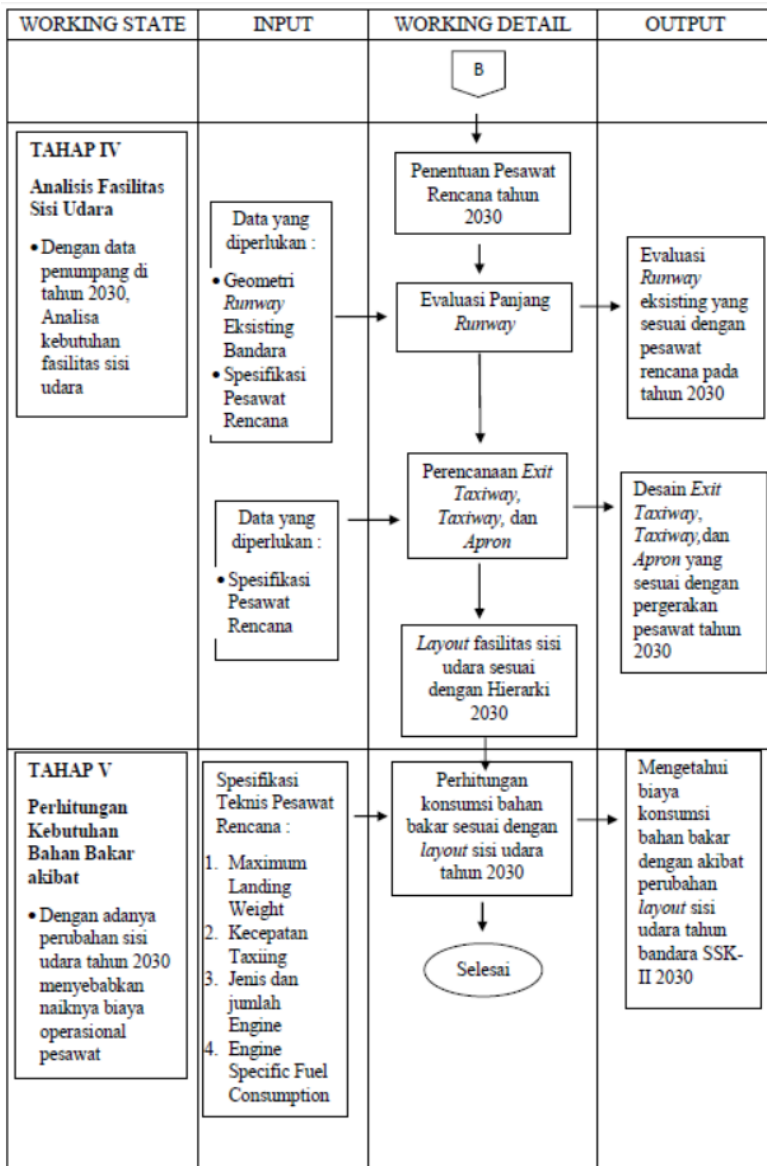
Dalam menjawab rumusan masalah serta menjadikan proses pengerjaan tugas akhir ini dapat berjalan terstruktur, sistematis dan memudahkan dalam pengecekan langkah pengerjaan, maka dibuatlah diagram alir seperti berikut ini :



Gambar 3. 1 Diagram Alur Penyelesaian Tugas Akhir



Gambar 3. 1 Diagram Alur Penyelesaian Tugas Akhir (Lanjutan)



Gambar 3. 1 Diagram Alur Penyelesaian Tugas Akhir (Lanjutan)

Dengan melihat gambar 3.1 mengenai diagram alir penyelesaian tugas akhir, maka dapat dijelaskan metodologi penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

3.2. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah adalah tahapan awal yang dilakukan dalam penyusunan tugas akhir ini. Dalam Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 69 Tahun 2013 Tentang Kebandarudaraan Nasional, Kebandarudaraan adalah segala sesuatu yang berkaitan dengan penyelenggaraan bandar udara dan kegiatan lainnya dalam melaksanakan fungsi keselamatan, keamanan, kelancaran, dan ketertiban arus lalu lintas pesawat udara, penumpang, kargo, dan/atau pos, tempat perpindahan intra dan/atau antarmoda serta meningkatkan pertumbuhan ekonomi nasional dan daerah.

Didalam tahap ini diulas mengenai Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 69 Tahun 2013, tentang Tata Letak Kebandarudaraan Nasional yang mengatur rencana induk nasional yang berisi perubahan hierarki kebandarudaraan bandara SSK-II, Pekanbaru yang menjelaskan terdapat perubahan hierarki kebandarudaraan pada bandara SSK-II pada tahun 2030 menjadi bandara dengan pengumpul skala primer, yaitu dengan jumlah penumpang lebih dari 5 (lima) juta penumpang pertahun.

3.3. Studi Literatur

Dalam Tugas Akhir ini berisi Studi Literatur dari beberapa referensi bacaan berupa jurnal teks dari dalam atau luar negeri, tugas akhir terdahulu, peraturan-peraturan mengenai teknis kebandarudaraan seperti SKEP/77/IV/2005 yang digunakan untuk perencanaan sisi udara, FAA AC 150/5060-5 "*Airport City and Delay*" yang digunakan untuk perhitungan kapasitas *runway* dengan metode FAA, ICAO Doc. 4444 ATM/501 "*Air Traffic Management*" yang digunakan untuk mengetahui jarak separasi antar pesawat udara, dan buku seperti "*Planning & Design of Airport*" Karya Robert Horonjeff (2011) untuk perhitungan

Kapasitas *Runway* dengan metode matematis, buku “*Airport Engineering*” Karya Norman Ashford (1992) untuk mengetahui rumus perhitungan *peak hour rencana*. Dan beberapa tugas akhir seperti “Perancangan Kesesuaian Kelandaian Holding Position dan Exit Taxiway Terhadap Kemungkinan Terjadinya Sliding dan Bertambahnya Konsumsi Bahan Bakar” Oleh Firman Arifanto (2018) untuk mengetahui perhitungan penambahan konsumsi bahan bakar, dan lain lain.

3.4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data untuk tugas akhir ini memerlukan data sekunder untuk pemenuhan kebutuhan data, berikut data sekunder yang diperlukan untuk pemenuhan kebutuhan data dalam menyelesaikan tugas akhir ini:

- (1) Data jumlah penumpang 10 tahun terakhir (2009-2019) dari <https://www.flightstats.com/> dan Annual Report PT Angkasa Pura II (Tahun 2009 sampai 2017)
- (2) Data pergerakan pesawat 10 tahun terakhir (2009-2019) dari <https://www.flightstats.com/> dan Annual Report PT Angkasa Pura II (Tahun 2009 sampai 2017)
- (3) Data geometrik sisi udara eksisting bandara SSK-II (*Runway*, *Taxiway*, dan *Apron*)
- (4) Data Spesifikasi Teknis Pesawat Rencana untuk kebutuhan perencanaan sisi udara.
- (5) Data Temperatur, yaitu kondisi lingkungan di bandara untuk kebutuhan koreksi panjang *runway*
- (6) Data Elevasi, yaitu data kondisi lingkungan bandara untuk koreksi panjang *runway* sesuai dengan ketinggian bandara di atas permukaan laut.
- (7) Data separasi pesawat udara dan panjang *Final Approach Path* (FAP) pada bandara untuk perhitungan kapasitas *runway* dengan metode matematis

3.5. Perencanaan Perhitungan Peramalan (*Forecasting*)

Peralaman (*forecasting*) yang akan dilakukan adalah peramalan jumlah penumpang dan pergerakan pesawat di tahun rencana 2030. perhitungan yang akan dilakukan dengan metoda regresi linier Persamaan regresi linier untuk memprakirakan jumlah penumpang dan jumlah pergerakan pesawat yang beroperasi pada tahun 2030 untuk bandara Sultan Syarif Kasim-II, Pekanbaru dengan persamaan :

$$y = a + b.x \quad (3.1)$$

3.6. Perencanaan Perhitungan Kapasitas *Runway*

Perhitungan Kapasitas *runway* pada tugas akhir kali ini untuk mencari kapasitas *runway* eksisting (tahun 2019), dan kapasitas *runway* rencana (tahun 2030). Hal ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran seberapa besar kapasitas *runway* saat ini, Menurut Horonjeff (2011) Kapasitas perjam dalam sistem landasan pacu didefinisikan sebagai jumlah operasi pesawat yang terjadi dalam suatu sistem landasan pacu dalam satu jam.

Dalam perhitungan Kapasitas *runway* dibutuhkan Separasi Lalu Lintas Udara, pada ICAO dalam *Air Traffic Management*, Doc. 444 ATM/501 menentukan separasi lalu lintas udara berdasarkan pada tabel 3.1. dibawah ini :

Tabel 3. 1 Separation Minimum Antar Pesawat

Aircraft Category		Wake turbulence radar separation minima
Preceding Aircraft	Succeeding Aircraft	
HEAVY	HEAVY	7,4 km (4,0 NM)
	MEDIUM	9,3 km (5,0 NM)
	LIGHT	11,1 km (6,0 NM)
MEDIUM	LIGHT	9,3 km (5,0 NM)

Catatan :

Light	=	Untuk jenis pesawat terbang dengan berat take off maksimum sebesar 7000 kg atau kurang
Medium	=	Untuk jenis pesawat terbang dengan berat take off kurang dari 136.000 kg, tetapi lebih besar dari 7000 kg
Heavy	=	Untuk jenis pesawat terbang dengan berat take off lebih dari 136.000 kg

Separasi minimal pada tabel diatas dapat digunakan jika :

- Pesawat yang beroperasi diikuti dengan pesawat lain pada ketinggian yang sama atau kurang dari 300m (1000ft)
- Kedua pesawat akan menggunakan *runway/parallel runway* yang sama atau terpisah kurang dari 760m, atau
- Pesawat melintas dibelakang pesawat yang lain pada ketinggian yang sama, atau kurang dari 300m

Sumber : ICAO (2001)

3.6.1. Perencanaan Perhitungan Kapasitas *Runway* dengan Metode Matematis

- Pengembangan model untuk kedatangan saja (*arrivals only*)
Perhitungan kapasitas *runway* dengan menganggap bahwa *runway* akan melayani pesawat yang akan datang saja (*arrival only*)

- Keadaan bebas kesalahan (*Error Free Case*)

Dalam keadaan ini, pesawat menjaga jarak minimum antar pesawat yang diisyaratkan, dan digolongkan menjadi beberapa kelas kecepatan pesawat yang berbeda.

- Keadaan Merapat (*The Closing Case*) ($V_i \leq V_j$)

Keadaan dimana kecepatan pesawat yang didepan memiliki kecepatan *approach* lebih kecil atau sama dengan pesawat yang ada di belakangnya. Persamaan untuk keadaan ini adalah :

$$\Delta T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_j} \quad (3.2)$$

Dimana :

ΔT_{ij} = Panjang jalur pendekatan umum ke *runway*

δ_{ij} = jarak pisah minimum yang diperbolehkan diantara dua pesawat yang datang.

V_i = kecepatan pada saat mendekati landasan dari pesawat didepan kelas (i)

V_j = kecepatan pada saat mendekati landasan dari pesawat dibelakang kelas (j)

- Keadaan Meregang (*The Opening Case*) ($V_i \geq V_j$)

Keadaan dimana kecepatan pesawat saat mendekati *runway* lebih besar daripada kecepatan pesawat dibelakangnya. Persamaan untuk keadaan ini adalah :

$$T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_j} + \gamma \left(\frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right) \quad (3.3)$$

Dimana :

δ_{ij} = jarak pisah minimum yang diperbolehkan diantara dua pesawat yang datang.

γ = jarak pisah minimum yang diperbolehkan diantara dua pesawat yang datang.

V_i = kecepatan pada saat mendekati landasan dari pesawat didepan kelas (i)

V_j = kecepatan pada saat mendekati landasan dari pesawat dibelakang kelas (j)

- Keadaan Sama Besar ($V_i = V_j$)

Keadaan dimana kecepatan pesawat yang didepan memiliki kecepatan *approach* sama dengan pesawat yang ada di belakangnya. Persamaan untuk keadaan ini adalah :

$$\Delta T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_j} \quad (3.4)$$

Dimana :

ΔT_{ij} = Panjang jalur pendekatan umum ke *runway*

δ_{ij} = jarak pisah minimum yang diperbolehkan diantara dua pesawat yang datang.

V_i = kecepatan pada saat mendekati landasan dari pesawat didepan kelas (i)

V_j = kecepatan pada saat mendekati landasan dari pesawat dibelakang kelas (j)

- Kapasitas *Runway* dalam posisi kedatangan saja (*arrival only*) dalam keadaan bebas kesalahan (*Error Free Case*)

Setelah mendapatkan keadaan merapat (*The Closing Case*) ($V_i \leq V_j$), Keadaan Meregang (*The Opening Case*) ($V_i \geq V_j$), Keadaan Sama Besar ($V_i = V_j$), maka ditabulasi menjadi matriks bebas kesalahan $[M_{ij}]$ yang disajikan pada tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Matriks Bebas Kesalahan $[M_{ij}]$

		Leading (i)			
		A (131)	B (135)	C (142)	D (144)
Trailing (j)	A (131)	$V_j = V_i$	$V_j < V_i$	$V_j < V_i$	$V_j < V_i$
	B (135)	$V_j > V_i$	$V_j = V_i$	$V_j < V_i$	$V_j < V_i$
	C (142)	$V_j > V_i$	$V_j > V_i$	$V_j = V_i$	$V_j < V_i$
	D (144)	$V_j > V_i$	$V_j > V_i$	$V_j > V_i$	$V_j = V_i$

Sumber : Penulis, 2020

Dan setelah mengetahui matriks bebas kesalahan $[M_{ij}]$, selanjutnya adalah mengetahui nilai waktu yang diharapkan dari waktu pelayanan dengan persamaan berikut :

$$E \Delta T_{ij} = \sum P_{ij} M_{ij} = \sum [P_{ij}] [M_{ij}] \quad (3.5)$$

Dimana :

$E(\Delta T_{ij})$ = Nilai yang diharapkan dari waktu layanan atau waktu antar kedatangan di *runway* untuk campuran pesawat

P_{ij} = Probabilitas pesawat yang didepan (i), akan diikuti oleh pesawat dibelakang (j)

M_{ij} = Matriks Bebas Kesalahan

Maka, didapatkan Kapasitas *Runway* untuk Keadaan bebas kesalahan (*Error Free Case*), dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$C = \frac{1}{E [T_{ij}]} \quad (3.6)$$

Dimana :

C = kapasitas *runway* untuk mengolah campuran pesawat yang datang.

$E(\Delta T_{ij})$ = nilai yang diharapkan dari waktu layanan atau waktu antar kedatangan di *runway* untuk campuran pesawat

ii. Keadaan kesalahan posisi (*Considering of Position Error*)

Pada keadaan ini, memperhitungkan keadaan yang mengalami kesalahan. Dalam memperhitungkan kesalahan diperlukan waktu sangga (*Buffer Time*) terhadap waktu pisah minimum. Lamanya waktu sangga tergantung pada probabilitas penyimpangan yang tersedia.

- Keadaan Merapat (*The Closing Case*) ($V_i \leq V_j$)

Keadaan dimana kecepatan pesawat yang didepan memiliki kecepatan *approach* lebih kecil atau sama dengan pesawat yang ada di belakangnya. Persamaan untuk keadaan ini adalah :

$$B_{ij} = q_v \times \sigma_0 \quad (3.7)$$

Dimana :

B_{ij} = *Buffer Time*

q_v = Probabilitas terjadinya *Buffer Time*

σ_0 = Standar Deviasi

- Keadaan Meregang (*The Opening Case*) ($V_i \geq V_j$)

Keadaan dimana kecepatan pesawat saat mendekati *runway* lebih besar daripada kecepatan pesawat dibelakangnya. Persamaan untuk keadaan ini adalah :

$$B_{ij} = \sigma_0 q_v - \delta_{ij} \left(\frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right) \quad (3.8)$$

Dimana :

B_{ij} = *Buffer Time*

- qv = Probabilitas terjadinya *Buffer Time*
 $\sigma 0$ = Standar Deviasi
 δ_{ij} = jarak pisah minimum yang diperbolehkan diantara dua pesawat yang datang.
 V_i = kecepatan pada saat mendekati landasan dari pesawat didepan kelas (i)
 V_j = kecepatan pada saat mendekati landasan dari pesawat dibelakang kelas (j)
- Keadaan Sama Besar ($V_i = V_j$)
 Keadaan dimana kecepatan pesawat yang didepan memiliki kecepatan *approach* sama dengan pesawat yang ada di belakangnya. Persamaan untuk keadaan ini adalah :

$$B_{ij} = qv \times \sigma 0 \quad (3.9)$$
 Dimana :

B_{ij} = *Buffer Time*
 qv = Probabilitas terjadinya *Buffer Time*
 $\sigma 0$ = Standar Deviasi
 - Kapasitas *Runway* dalam posisi kedatangan saja (*arrival only*) dalam keadaan Kesalahan Posisi (*Considering of Position Error*)

$$E [\Delta T_{ij}] = \sum [P_{ij}] ([M_{ij}] + [B_{ij}]) \quad (3.10)$$

Dimana :

- $E(\Delta T_{ij})$ = Nilai yang diharapkan dari waktu layanan atau waktu antar kedatangan di *runway* untuk campuran pesawat
 P_{ij} = Probabilitas pesawat yang didepan (i), akan diikuti oleh pesawat dibelakang (j)
 M_{ij} = Matriks dari pemisahan minimum (m_{ij})
 B_{ij} = Matriks nilai sanggah (*buffer time*)

Maka, didapatkan Kapasitas *Runway* untuk Keadaan kesalahan posisi (*Considering of Position Error*) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$C = \frac{1}{E [T_{ij}]} \quad (3.11)$$

Dimana :

- C = kapasitas *runway* untuk mengolah campuran pesawat yang datang.
 $E(\Delta T_{ij})$ = nilai yang diharapkan dari waktu layanan atau waktu antar kedatangan di *runway* untuk campuran pesawat

2. Pengembangan model untuk keberangkatan saja (*departures only*)

Perhitungan kapasitas *runway* dengan menganggap bahwa *runway* akan melayani pesawat yang akan berangkat saja (*departures only*)

Besarnya waktu antar kedatangan rata-rata dan kapasitas *runway* dari model untuk keberangkatan saja dapat dihitung dengan persamaan :

$$E (t_d) = \sum [P_{ij}] [t_d] \quad (3.12)$$

$$C = \frac{1}{E [T_d]} \quad (3.13)$$

Dimana :

- $E [t_d]$ = Nilai perkiraan waktu antar keberangkatan
 P_{ij} = Probabilitas pesawat yang didepan (i), akan diikuti oleh pesawat dibelakang (j)
 t_d = Matriks waktu pemisahan antar keberangkatan
 C = Kapasitas *Runway* (operasi/jam)

3. Pengembangan model untuk operasi campuran (*Mix Operation*)

Perhitungan kapasitas *Runway* dengan operasi campuran adalah menentukan *runway* melakukan kemungkinan melakukan operasi keberangkatan di antara dua kedatangan, perhitungan untuk operasi campuran menggunakan dengan persamaan :

$$E [T_{ij}] = \geq E [R_i] + E \left[\frac{\delta}{V_j} \right] + E [B_{ij}] + E[t_d] (n_d - 1) \quad (3.14)$$

Dimana:

- $E [T_{ij}]$ = Nilai yang diharapkan dari waktu layanan atau waktu antar kedatangan di *runway* untuk campuran pesawat
- $E [R_i]$ = Waktu pemakaian *runway* rata-rata
- δ = jarak pisah minimum yang diperbolehkan diantara dua pesawat yang datang.
- $E [B_{ij}]$ = Matriks nilai sanggah (*buffer time*)
- $E[t_d]$ = Nilai perkiraan waktu antar keberangkatan
- n_d = Jumlah keberangkatan yang dapat diijinkan pada setiap celah waktu antar kedatangan

Waktu pemakaian *runway* rata-rata $E [R_i]$, merupakan jumlah dari probabilitas keberangkatan dan kedatangan pesawat pada jam sibuk sesuai pemakaian *runway*

$$E [R_i] = [P_1][R_1] + \dots + \sum [P_n][R_n] \quad (3.15)$$

Dimana :

- $E [R_i]$ = Waktu pemakaian *runway* rata-rata

- P_1 = Probabilitas pesawat dalam jam sibuk
 R_1 = *Runway Occupancy Time* untuk tiap-tiap jenis pesawat

Waktu pesawat yang datang untuk menempuh jarak terakhir ke ambang *runway* menurut Horonjeff (2011)

$$E \left[\frac{\delta}{V_j} \right] = \left([P_1] \left[\frac{\delta d}{V_1} \right] + \dots + [P_n] \left[\frac{\delta d}{V_n} \right] \right) \quad (3.16)$$

Dimana :

- $E \left[\frac{\delta}{V_j} \right]$ = Waktu pemakaian *runway* rata-rata
 P_1 = Probabilitas pesawat dalam jam sibuk
 δ = jarak pisah minimum yang diperbolehkan diantara dua pesawat yang datang

Buffer time yang diperlukan saat pesawat terjadi kesalahan posisi, Persamaan sama seperti Persamaan (3.8).

Waktu pelayanan antar keberangkatan di ambang *runway*, Persamaan sama seperti persamaan (3.12)

Kapasitas *runway* untuk operasi campuran adalah dengan menggunakan persamaan berikut :

$$C = \frac{3600}{E [\Delta T_{ij}]} (1 + n_d P_{nd}) \quad (3.17)$$

Dimana :

- C = kapasitas *runway* untuk mengolah campuran pesawat yang datang.
 $E [\Delta T_{ij}]$ = Nilai yang diharapkan dari waktu layanan atau waktu antar kedatangan di *runway* untuk campuran pesawat

$$\begin{aligned}
 n_d &= \text{Jumlah keberangkatan yang dapat diijinkan pada setiap celah waktu antar kedatangan} \\
 P_{nd} &= \text{Probabilitas diizinkan } n_d \text{ keberangkatan dalam setiap celah waktu antar kedatangan}
 \end{aligned}$$

3.6.2. Perencanaan Perhitungan Kapasitas *Runway* Metode FAA

Dalam perhitungan kapasitas *Runway* dengan metode FAA, yang dijelaskan peraturan FAA AC: 150/5060-5 tentang “*Airport Capacity and Delay*) pada pada tugas akhir ini, menggunakan metode VFR (*Visual Flight Rules*) yang mana tinggi dasar awan diatas 1000 kaki dan jarak pandang lebih dari 3 mil dan IFR (*Instrument Flight Rules*) yang mana tinggi dasar awan 670 sampai 1000 kaki dan jarak pandang 1 sampai 3 mil, berikut beberapa parameter yang dibutuhkan dalam perencanaan perhitungan kapasitas *Runway*:

1. Campuran Pesawat yang beroperasi (*Mix Index*)

Mix Index adalah fungsi matematis dalam perhitungan kapasitas *runway* untuk mengetahui pengaruh dari berbagai macam klasifikasi pesawat terhadap sistem landasan pacu, semakin besar perbedaan pesawat yang beroperasi, maka semakin besar jarak aman yang diperlukan yang mengakibatkan semakin sedikit kapasitas operasi yang dihasilkan. Berikut merupakan tabel klasifikasi pesawat menurut FAA AC: 150/5060-5 yang disajikan pada tabel 3.3

Tabel 3. 3 Klasifikasi Pesawat menurut FAA

Kelas Pesawat	MTOW (pounds)	MTOW	Jumlah Mesin	Kelas Turbulance
		(kg)		
A	< 12.500	< 5.669	Tunggal	Kecil
B				
C	12.500-300.000	5.669 - 136.077	Jamak	Sedang
D	> 300.000	> 130.677		Besar

FAA AC: 150/5060-5

Berikut merupakan persamaan *Mix Index* berdasarkan Horonjeff (2011)

$$MI = C + 3D \quad (3.18)$$

Dimana :

MI = Persamaan *Mix Index*

C = Persentase pesawat jenis C yang memakai *runway*

D = Persentase pesawat jenis D yang memakai *runway*

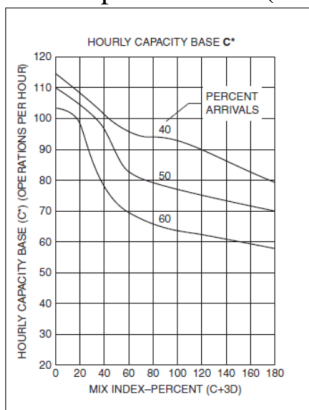
2. Persentase Kedatangan

Persentase kedatangan adalah perbandingan antara jumlah pendaratan dengan seluruh operasi pesawat, yang dapat dihitung dengan persamaan :

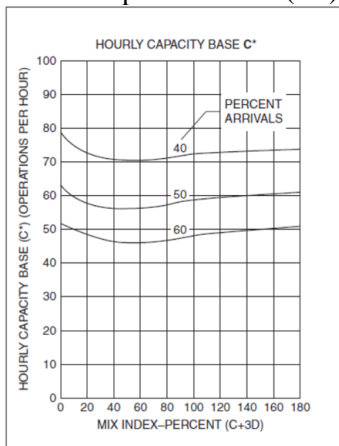
$$\% \text{ Kedatangan} = \frac{\sum \text{Kedatangan Pesawat}}{\text{Total Pergerakan Pesawat}} \quad (3.19)$$

3. Kapasitas Dasar (C*)

Jika, sudah mendapatkan *Mix Index Percent* dan Persentasi Kedatangan, maka didapatkan kapasitas dasar (C*) jika dimasukkan dalam tabel 3.4 dan 3.5 yang didapatkan dari FAA AC: 150/5060-5 berikut :

Tabel 3. 4 Tabel Kapasitas Dasar (C^*) untuk VFR

Sumber : FAA AC: 150/5060-5

Tabel 3. 5 Tabel Kapasitas Dasar (C^*) untuk IFR

Sumber : FAA AC: 150/5060-5

4. Persentase *Touch and Go*

Touch and Go merupakan operasi pesawat yang hanya menyentuh landasan tanpa berhenti, berikut merupakan tabel *Touch and Go* (T) untuk kondisi VFR yang disajikan dalam tabel 3.6 dari FAA AC: 150/5060-5, sebagai berikut :

Tabel 3. 6 Tabel *Touch and Go* (T)

Percent Touch & Go	Mix Index Percent (C + 3D)	Touch & Go Factor (T)
0	0 to 180	1
1 to 10	0 to 70	1,03
11 to 20	0 to 70	1,06
21 to 30	0 to 40	1,13
31 to 40	0 to 10	1,26
41 to 50	0 to 10	1,33

Sumber : FAA AC: 150/5060-5

Namun, tabel diatas hanya digunakan untuk perhitungan VFR, untuk perhitungan IFR digunakan Persentase *Touch and Go* = 1

5. Konfigurasi *Exit Taxiway*

Faktor *Exit Taxiway* juga berpengaruh dalam perhitungan kapasitas *runway*, yang diakibatkan oleh jumlah *taxiway* dan jarak *exit taxiway* dari awal pendaratan atau keberangkatan pesawat. Dimana yang berpengaruh dalam memperbesar kapasitas *runway* adalah jumlah *taxiway* keluar dari *runway* untuk pendaratan dan keluar apron untuk keberangkatan lebih banyak, dan jarak keluar yang sesuai dengan banyak landasan hubung juga akan memperbesar kapasitas *runway* menurut Mas Oka & Eriyandi (2013). Berikut adalah tabel Exit Factor (E) yang disajikan dalam tabel 3.7 dan 3.8 dari FAA AC: 150/5060-5

Tabel 3. 7 Tabel *Exit Factor* (E) untuk Kondisi VFR

Mix Index Percent (C+3D)	Exit Range (Feet from Threshold)	40% Arrival			50% Arrival			60% Arrival		
		N=0	N=1	N=2 or 3	N=0	N=1	N=2 or 3	N=0	N=1	N=2 or 3
0 to 30	2000 to 4000	0,86	0,88	0,94	0,8	0,85	0,93	0,71	0,83	0,93
21 to 50	3000 to 5500	0,84	0,91	0,98	0,71	0,85	0,92	0,71	0,85	0,92
51 to 80	3500 to 6500	0,81	0,91	0,97	0,76	0,85	0,91	0,75	0,84	0,91
81 to 120	5000 to 7000	0,83	0,9	0,95	0,8	0,86	0,92	0,8	0,87	0,92
121 to 180	5500 to 7500	0,93	0,99	1	0,84	0,94	0,98	0,85	0,94	0,98

Sumber : FAA AC: 150/5060-5

Tabel 3. 8 Tabel *Exit Factor* (E) untuk Kondisi IFR

Mix Index Percent (C+3D)	Exit Range (Feet from Threshold)	40% Arrival			50% Arrival			60% Arrival		
		N=0	N=1	N=2 or 3	N=0	N=1	N=2 or 3	N=0	N=1	N=2 or 3
0 to 30	2000 to 4000	1	1	1	0,99	1	1	0,98	1	1
21 to 50	3000 to 5500	0,9	0,99	1	0,91	0,99	1	0,92	1	1
51 to 80	3500 to 6500	0,9	0,98	1	0,9	0,97	1	0,92	0,99	1
81 to 120	5000 to 7000	0,9	0,98	1	0,91	0,97	1	0,91	0,97	1
121 to 180	5500 to 7500	1	1	1	0,92	0,99	1	0,91	0,99	1

Sumber : FAA AC: 150/5060-5

6. Perhitungan Kapasitas Runway

Kapasitas *Runway* perjam dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut, baik VFR maupun IFR :

$$C = C^* \times E \times T \quad (3.20)$$

Dimana :

C = Kapasitas Per jam

C* = Kapasitas Dasar

E = *Exit Adjustment Factor* untuk jumlah lokasi *runway exit*

T = *Touch and Go Factor*

3.7. Perencanaan Perhitungan Jam Puncak (*Peak Hour*)

Didapat data jumlah penumpang dan jumlah pergerakan pesawat dari tahun tahun sebelumnya, yang pertama adalah pengumpulan data di hari yang tersibuk dan yang kedua adalah

di jam yang tersibuk, sehingga didapat data kondisi jam tersibuk di tahun eksisting. Menurut Ashford (2011), terdapat empat (4) tahap dalam pencarian *peak hour*, yakni:

1. Volume Bulanan Rata-Rata (*Average Monthly*)

Presentasi pergerakan bulanan maksimum tiap tahun terhadap volume pergerakan tahunan dengan presentasi bulanan 85% dari presentasi kumulatif data yang ada sebagai presentasi bulanan maksimum rencana.

$$\text{Average Monthly} = 0,08417 \times \text{Annual Passenger} \quad (3.21)$$

2. Volume Harian Rata-Rata (*Average Day*)

Volume pertahun akan dibagi dengan jumlah rata-rata hari dalam satu bulan (31 hari)

$$\text{Average Day} = 0,03226 \times \text{Monthly Max. Volume} \quad (3.22)$$

3. Volume Harian Maksimum (*Peak Day Movement*)

Jumlah volume terbanyak dalam satu hari tertentu

$$\text{Peak Day Movement} = 1,26 \times \text{Average Day} \quad (3.23)$$

4. Volume Jam Puncak (*Peak Hour*)

Pergerakan terbanyak pada jam tertentu dalam 1 jam dimana jam puncak ini memiliki pergerakan sebesar 12% - 15% dari hari puncak

$$\text{Peak hour} = 0,0917 \times \text{Peak Daily Flow} \quad (3.24)$$

3.8. Perencanaan Perhitungan Analisis Fasilitas Sisi Udara

Pada perencanaan sisi udara, sangat erat kaitannya dengan karakteristik pesawat rencana dan perencanaannya harus dapat menunjang terciptanya kaminan keselamatan, keamanan, dan kelancaran penerbangan yang dilayani. Aspek tersebut merupakan menjadi pertimbangan utama dalam menyusun standar persyaratan teknis operasional fasilitas sisi udara.

3.8.1. Perencanaan Panjang *Runway*

Dari data pergerakan pesawat yang didapatkan, diketahui pesawat terbesar dan pesawat yang paling sering menggunakan *runway* Bandara Sultan Syarif Kasim-II. Data pesawat di dapat dari <https://www.flightstats.com/>. Setelah diketahui pesawat rencana pada tahun 2030, untuk mengetahui panjang landasan yang diperlukan, dapat menggunakan grafik pada karakteristik pesawat tersebut, dan juga bisa menggunakan ARFL (*Aeroplane Reference Field Length*) pesawat rencana yang bisa dilihat pada tabel 3.9.

Tabel 3. 9 Pengelompokan Bandar udara berdasarkan kode referensi bandara

Kelompok Bandar Udara	Kode Angka	ARFL (<i>Aeroplane Reference Field Length</i>)	Kode Huruf	Bentang Sayap
A (Unattended)	1	≤ 800 m	A	≤ 15 m
B (AVIS)	2	$800 \text{ m} \leq P \leq 1200$ m	B	$15 \text{ m} \leq L \leq 24$ m
C (ADC)	3	$1200 \text{ m} \leq P \leq 1800$ m	C	$24 \text{ m} \leq L \leq 36$ m
	4	≥ 1800 m	D	$36 \text{ m} \leq L \leq 52$ m
			E	$52 \text{ m} \leq L \leq 65$ m
			F	$64 \text{ m} \leq L \leq 80$ m

Sumber : SKEP/77/VI/2005

1. Koreksi Panjang *Runway*

Selanjutnya akan dibahas mengenai hal yang perlu diperhatikan dalam merencanakan *runway* suatu bandara, maka perlu dikoreksi berdasarkan Temperatur, kemiringan *runway* (*gradient*), serta elevasi sesuai dengan SKEP/77/IV/2005 tentang persyaratan teknis pengoperasian fasilitas teknik bandar udara. Dalam menentukan panjang landasan pacu, landasan pacu harus memadai untuk memenuhi keperluan operasional pesawat dalam *runway* yang dikehendaki. Dalam menentukan panjang *runway* / ARFL adalah :

- Koreksi terhadap temperature, ARFL bertambah 1% setiap kenaikan 1°C, dimana didapat persamaan :

$$F_t = 1 + (0,01 * (T - 0,0065 \times h)) \quad (3.25)$$

Dimana :

F_t = Faktor Temperatur

T = Temperatur Aerodrome Elevasi

- Koreksi terhadap kemiringan landas pacu, ARFL bertambah 10% setiap pertambahan kemiringan, dimana didapat persamaan :

$$F_s = 1 + (0,1 \times s) \quad (3.26)$$

Dimana :

F_s = Faktor Kemiringan

S = Kemiringan

- Koreksi terhadap elevasi, ARFL bertambah 7% setiap kenaikan 300m dari permukaan laut, dimana didapat persamaan :

$$F_e = 1 + 0,007 * \frac{h}{300} \quad (3.27)$$

Dimana:

F_e = Faktor Elevasi

H = Aerodrome Elevasi

- Panjang *runway* dibutuhkan (terkoreksi)

$$\text{Panjang Runway} = ARFL \times F_t \times F_s \times F_e \quad (3.28)$$

Dimana:

ARFL = Panjang *Runway* Terkoreksi

F_t = Faktor Temperatur

F_s = Faktor Kemiringan

F_e = Faktor Elevasi

Lebar landas pacu (*runway*) haruslah tidak kurang dari ketentuan yang dipakai.

2. Perencanaan Lebar *Runway*

Perencanaan lebar *runway* juga harus memadai untuk keperluan operasional pesawat rencana. Pada tabel 3.10 terdapat tabel perencanaan lebar *runway*.

Tabel 3. 10 Lebar runway (*width*)

Code Number	Code Letter					
	A	B	C	D	E	F
1a	18 m	18 m	23 m	-	-	-
2	23 m	23 m	30 m	-	-	-
3	30 m	30 m	30 m	45 m	-	-
4	-	-	45 m	45 m	45 m	60 m

Catatan :

- 1a : Lebar *runway* dapat dikurangi hingga 15m atau 10m tergantung dari luas yang dibatasi pada pesawat jenis kecil
- 2 : Pengoperasian yang diijinkan untuk pesawat landing atau take off dimana lebar *runway* harus lebih kecil atau lebih panjang daripada minimum lebar yang sesuai dengan *code letter* pesawat

Sumber : SKEP/77/VI/2005

3. Perencanaan Bahu Landasan (*Runway Shoulder*).

Runway Shoulder / bahu landas pacu adalah area pembatas pada akhir tepi perkerasan *runway* yang berfungsi sebagai penahan erosi akibat air, hembusan jet, menampung peralatan untuk pemeliharaan dan keadaan darurat serta untuk penyediaan daerah peralihan antara bagian perkerasan dan *runway strip*. Bahu landasan harus dibuat simetris pada masing-masing sisi dari *runway* dan kemiringan melintang maksimum pada permukaan bahu landasan pacu 2,5%. Pada tabel 3.11

merupakan tabel lebar *runway shoulder* sesuai dengan SKEP/77/VI/2005

Tabel 3. 11 Runway Shoulder

Code Letter	Penggolongan Pesawat	Lebar <i>Shoulder</i> (m)	Kemiringan Maksimum <i>Shoulder</i>
A	I	3	2,5%
B	II	3	2,5%
C	III	6	2,5%
D	IV	7,5	2,5%
E	V	10,5	2,5%
F	VI	12,5	2,5%

Sumber : SKEP/77/VI/2005

4. Perencanaan Kemiringan Melintang *Runway*
Kemiringan melintang pada beberapa bagian dari *runway* harus memadai untuk menghindari penambahan air dan harus disesuaikan dengan tabel 3.12 dibawah ini

Tabel 3. 12 Kemiringan Melintang Maksimum Runway

Code Letter	Penggolongan Pesawat	Preferred Slope (%)	Minimum Slope (%)	Maximum Slope (%)
A	I	2	1,5	2,5
B	II	2	1,5	2,5
C	III	1,5	1	2
D	IV	1,5	1	2
E	V	1,5	1	2
F	VI	1,5	1	2

Sumber : SKEP/77/VI/2005

5. Perencanaan *Stopway*
Stopway adalah suatu area tertentu yang berbentuk segiempat yang ada di permukaan tanah yang terletak di akhir landasan pacu (*runway*) bagian tinggal landas yang dipersiapkan sebagai tempat berhenti pesawat saat terjadi

pembatalan kegiatan lepas landas (*aborted take-off*). Pada tabel 3.13 disajikan dimensi *stopway* dari SKEP/77/VI/2005, dan pada gambar 3.2 dapat dilihat merupakan ilustrasi dari penempatan *stopway* pada sistem landasan pacu (*runway*).

Tabel 3. 13 Dimensi Stopway

Code Letter	Penggolongan Pesawat	Lebar <i>Stopways</i> (m)	Panjang <i>Stopways</i> (m)	Kemiringan <i>Stopway</i> (%) (m)
A	I	18	30	
B	II	23	30	
C	III	30	60	0,3 per 30
D	IV	30	60	0,3 per 30
E	V	45	60	0,3 per 30
F	VI	45	60	0,3 per 30

Sumber : SKEP/77/VI/2005

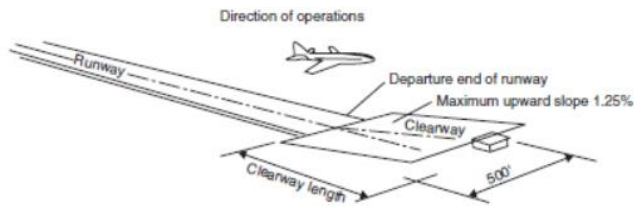
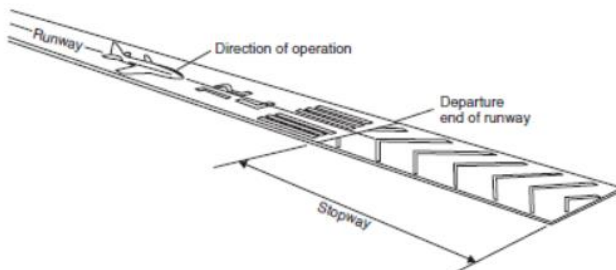


Figure 8.9 Clearway (1).



Gambar 3. 2 Penampang Stopway / Overrun
Sumber : Ashford (2011)

6. Perencanaan Area RESA (*Runway End Safety Area*)

RESA adalah daerah simetris yang merupakan perpanjangan dari garis tengah landas pacu dan membatasi bagian ujung *runway strip* yang ditunjukkan untuk mengurangi resiko kerusakan pesawat yang sedang menjahui atau landekati landas pacu saat melakukan kegiatan pendaratan maupun lepas landas. Area RESA harus mampu menahan pesawat dalam kondisi darurat seperti kebakaran, dan tumbukan. RESA harus disediakan di bagian akhir *runway strip*. Untuk bandar udara code number 3 dan 4 panjang minimum RESA 90m, sedang kondisi tertentu lainnya minimum 60m. Pada tabel 3.14 disajikan dimensi RESA dari SKEP/77/VI/2005.

Tabel 3. 14 Dimensi RESA

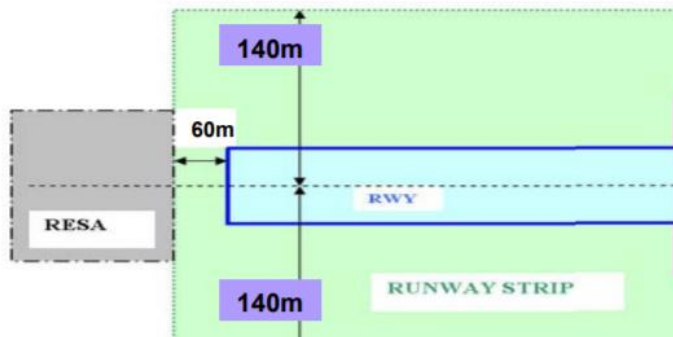
Uraian	Code Letter / Penggolongan Pesawat					
	A/I	B/II	C/III	D/IV	E/V	F/VI
Jarak minimum antara <i>holding bay</i> dengan garis tengah landasan						
a. Landasan Instrument (m)	90	90	90	90	90	90
b. Landasan Non-Instrument (m)	60	60	90	90	90	90
Lebar minimum (m) atau (2 kali lebar <i>runway</i>)	18	23	30	45	45	60
Kemiringan panjang maksimum (%)	5	5	5	5	5	5
Kemiringan melintang maksimum (%)	5	5	5	5	5	5

Catatan :

1. Untuk Internasional Aerodrome sesuai dengan rekomendasi ICAO panjang RESA 240, code number 3 dan 4
2. Untuk Internasional Aerofrome sesuai dengan rekomendasi ICAO panjang RESA 120, code number 1 dan 2

3. Kekuatan, harus disiapkan dan dibangun sedemikian sehingga dapat mengurangi bahaya kerusakan pada pesawat yang mengarah terlalu kebawah (*undershooting*) atau keluar landasan, dan untuk pergerakan kendaraan PKP-PK

Sumber : SKEP/77/VI/2005



Gambar 3. 3 Ilustrasi letak RESA

Sumber : (Yong Wang, 2010)

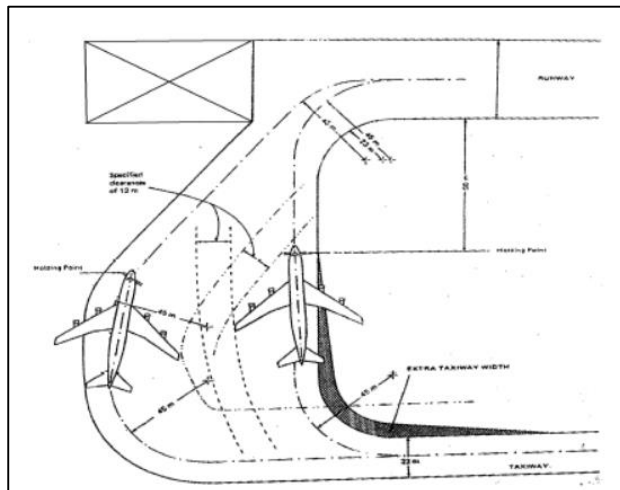
7. Perencanaan *Holding Bay*

Holding bay adalah area tertentu dimana pesawat dapat melakukan penantian, atau menyalip untuk mendapatkan efisiensi gerakan permukaan pesawat. Tabel 3.15 menyajikan dimensi dari *holding bay*, dari SKEP/77/VI/2005. Dan gambar 3.3 merupakan ilustrasi dari *holding bay*. Tabel 3.15 menyajikan dimensi dari *holding bay*.

Tabel 3. 15 Dimensi *Holding Bay*

Uraian	Code Letter / Penggolongan Pesawat					
	A / I	B / II	C / III	D / IV	E / V	F / VI
Jarak ruang bebas antara pesawat yang parkir dengan pesawat yang bergerak di <i>taxiway</i> (m)	4,5 – 5,25	4,5 – 5,25	7,5 - 12	7,5	7,5	7,5
Jarak minimum antara <i>holding bay</i> dengan garis tengah landasan						
(a) Landasan Instrumen (m)	30	40	75	75	75	75
(b) Landasan non instrument (m)						
Pendekatan Non-presisi	40	40	75	75	75	75
Pendekatan Presisi Kategori-I	60	60	90	90	90	90
Pendekatan presisi kategori II dan III			90	90	90	90

Sumber : SKEP/77/VI/2005

Gambar 3. 4 Penampang *Holding Bay*

Sumber : SKEP/77/VI/2005

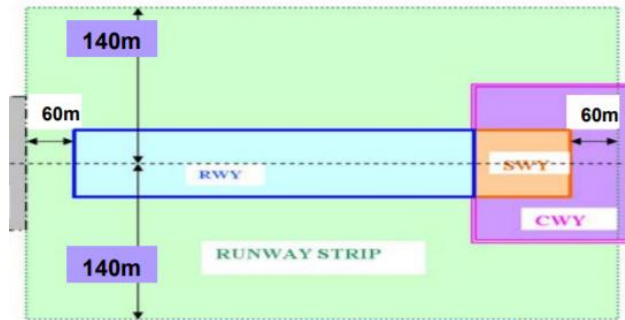
8. Perencanaan *Runway Strip*

Runway Strip adalah luasan bidang tanah yang menjadi daerah landasan pacu yang penentuannya tergantung pada panjang landasan pacu dan jenis instrument pendaratan (*precision approach*) yang dilayani. *Runway strip* harus menerus dari area sebelum *threshold* sampai dengan ujung *runway* atau *stopway* dengan dimensi sesuai dengan tabel 3.16, beserta ilustrasi *runway strip* pada gambar 3.5

Tabel 3. 16 Dimensi Runway Strip

No.	Uraian	Code Letter / Penggolongan Pesawat					
		A/I	B/II	C/III	D/IV	E/V	F/VI
1	Lebar minimum termasuk landasan (Ws)						
	Landasan Instrumen (m) :						
	Pendekatan Presisi	150	150	300	300	300	300
	Pendekatan Non-Presisi	150	150	300	300	300	300
	Landasan Non Instrumen (m)	60	80	150	150	150	150
2	Permukaan Strip : tidak boleh ada benda-benda, kecuali alat bantu visual navigasi udara pada strip						
	Landasan Instrumen :						
	Pendekatan Presisi						
	Kategori I	90	90	120	120	120	120
	Kategori II	-	-	120	120	120	120
3	Kategori III	-	-	120	120	120	120
	Lebar Minimum yang diratakan termasuk landasan (m)						
	Landasan Instrumen	80	80	150	150	150	150
	Landasan Non Instrumen	60	60	150	150	150	150
4	Slope kemiringan memanjang (%)						
	Maksimum yang diratakan	2	2	1,75	1,75	1,75	1,75
	perubahan maksimum tiap 30m pada strip diluar ambang landasan	2	2	2	2	2	2
5	Slope kemiringan melintang (%)						
	Maksimum yang diratakan	< 3	< 3	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
	Perubahan maksimum pada 3m pertama dari tepi landasan, bahu landasan, dan stopway	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
	maksimum diluar bagian yang diratakan	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5

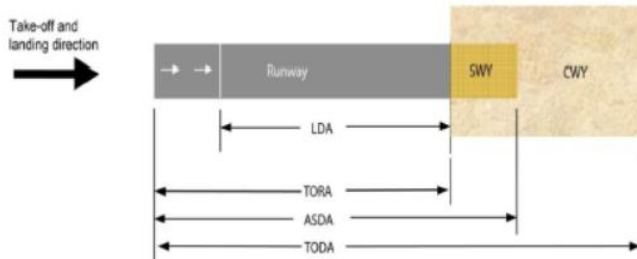
Sumber : SKEP/77/VI/2005



Gambar 3. 5 Ilustrasi Runway Strip
Sumber : (Yong Wang, 2010)

9. Perencanaan *Clearway*

Clearway adalah suatu daerah tertentu yang terletak pada akhir landas pacu tinggal landas (TORA / *Take Off Run Available*) yang terdapat di permukaan tanah maupun permukaan air dibawah pengaturan operator bandar udara yang dipilih dan diseleksi sebagai daerah yang aman bagi pesawat saat mencapai ketinggian tertentu yang merupakan daerah bebas yang disediakan terbuka diluar *blast pad* dan melindungi pesawat saat melakukan maneuver pendaratan maupun lepas landas. Untuk panjang *clearway* maksimal tidak melebihi setengah dari panjang *take off run available* (TORA) dan minimal sesuai dengan panjang *runway end strip*. Untuk lebar *clearway* membentang secara lateral dengan jarak sekurangnya 75m pada setiap sisi perpenjangan *runway*. Gambar 3.6 merupakan ilustrasi *clearway* (CWY)



Gambar 3. 6 Ilustrasi Letak Clearway

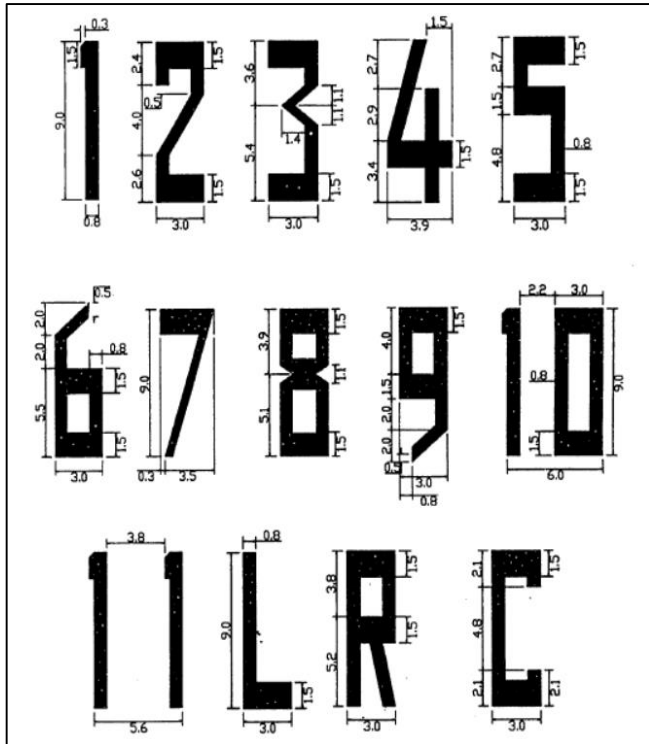
Sumber : KP 39 Tahun 2015

10. Perencanaan *Runway Marking*

Disesuaikan dengan SKEP DIRJEN No. SKEP/11/1/2001 tentang standar marka dan rambu pada daerah pergerakan pesawat di bandar udara, berikut merupakan marking pada *runway* meliputi:

(a) *Runway designation marking*

Adalah tanda berwarna putih dalam bentuk dua angka yang ditulis di *runway* sebagai penomoran identitas *runway*. Gambar 3.7 merupakan gambar dan dimensi dari *runway designation marking*.

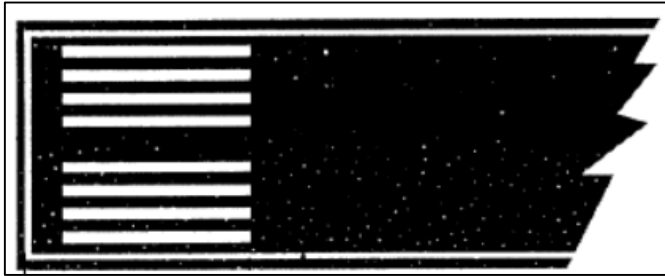


Gambar 3. 7 Runway Designation Marking
Sumber : SKEP/11/I/2001

(b) *Threshold marking*

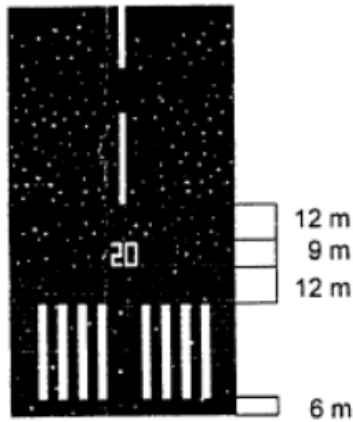
Adalah tanda berupa garis-garis putih sejajar dengan arah *runway* yang terletak di permulaan *runway*, yang berfungsi sebagai tanda permulaan yang digunakan untuk pesawat terbang dan memiliki letak 6 m yang diukur dari ujung / awal *runway*. Gambar 3.8 merupakan gambar dari *threshold marking*. Dan gambar 3.9 merupakan dimensi dari *threshold marking*. Tabel 3.17

merupakan ukuran dan dimensi dari *threshold marking*.



Gambar 3. 8 Threshold Marking

Sumber : SKEP/11/I/2001



Gambar 3. 9 Jarak Threshold Marking

Sumber : SKEP/11/I/2001

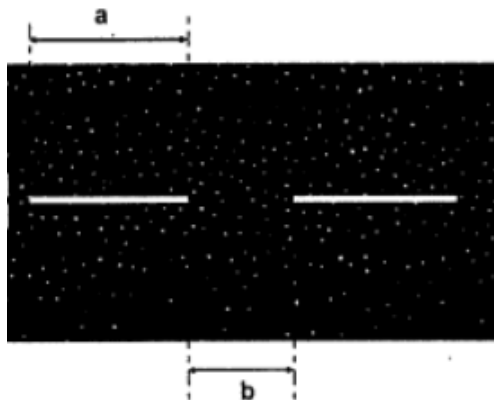
Tabel 3. 17 Ukuran Threshold Marking

No.	Lebar Runway	Banyaknya Strips	Banyaknya Celah	f (m)	
				e-min = 2,6m	e max. = 3,6m
1	18	4	2	1,85	1,35
2	23	6	4	0,75	0,25
3	30	8	6	0,2	-
4	45	12	10	0,5	-
5	60	16	14	0,8	0,3

Sumber : SKEP/11/I/2001

(c) *Runway centre line marking*

Adalah tanda berupa garis putus-putus berwarna putih yang letaknya di tengah-tengah sepanjang *runway*, yang berfungsi sebagai petunjuk garis tengah *runway*. Gambar 3.10 merupakan gambar dari *runway centerline marking*. Beserta tabel 3.18 merupakan keterangan dari *runway centerline marking*.



Gambar 3. 10 Runway Centre line Marking

Sumber : SKEP/11/I/2001

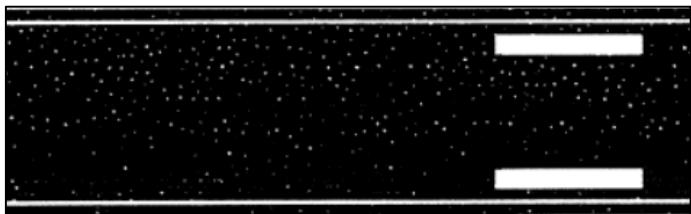
Tabel 3. 18 Keterangan Runway Centre Line Marking

Keterangan		Ukuran
Panjang	a + b	= 50m s/d 75m
Lebar	Precision Runway (Category 2&3)	= 0,9m
	Precision Approach Cat. 1	= 0,45m
	Non Instrumen	= 0,3m
	Non Precision Runway (Code 3&4)	= 0,45m
	Non Precision Runway (Code 1&2)	= 0,3m

Sumber : SKEP/11/I/2001

(d) *Aiming point marking*

Adalah tanda di *runway* yang terdiri dari dua garis lebar berwarna putih, yang berfungsi untuk menunjukkan tempat pertama roda pesawat udara diharapkan menyentuh *runway*. Gambar 3.11 merupakan gambar dari *Aiming Point Marking*. Beserta pada tabel 3.19 merupakan letak dan ukuran dari *aiming point marking*.



Gambar 3. 11 Aiming Point Marking

Sumber : SKEP/11/I/2001

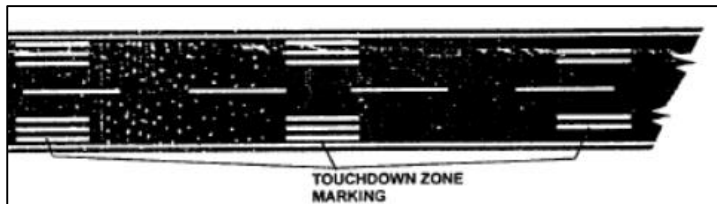
Tabel 3. 19 Letak dan Ukuran Aiming Point Marking

Lokasi dan Dimensi	Panjang Runway Kurang dari 800m	Panjang Runway 800m s/d 1199m	Panjang Runway 1200m s/d 2399m	Panjang Runway 2400m atau lebih
Jarak dari Threshold	150m	250m	300m	400m
Panjang Stripe	30m-45m	30m-45m	45m-60m	45m-60m
Lebar	4m	6m	6m-10m	6m-10m
Jarak Spasi antar stripe bagian dalam	6m	9m	16m-22,5m	16m-22,5m

Sumber : SKEP/11/I/2001

(e) *Touchdown zone marking*

Adalah tanda di *runway* yang terdiri dari garis-haris berwarna putih berpasangan di kiri-kanan garis tengah *runway*, yang berfungsi menunjukkan panjang *runway* yang masih tersedia pada saat melakukan pendaratan, terletak simetris pada kiri kanan garis tengah *runway*. Gambar 3.12 adalah gambar *Touchdown zone marking*, dan tabel 3.20 merupakan keterangan dan jarak dari *touchdown zone marking*, dan tabel 3.21 merupakan jumlah *touchdown zone marking*



Gambar 3. 12 Touchdown zone marking

Sumber : SKEP/11/I/2001

Tabel 3. 20 Keterangan Jarak Touchdown Zone Marking

Keterangan		Jarak
Panjang Stripe	=	22,5m
Lebar Stripe	=	3m
Jarak Antar Stripe	=	1,5m
Jarak dari Threshold	=	150m
Jarak Stripe dari pinggir runway	=	1,5m
Jarak antar Touchdown	=	150m

Sumber : SKEP/11/I/2001

Tabel 3. 21 Jumlah Touchdown Zone Marking

Landing Distance Available or the distance between threshold	Pair(s) of marking	Jumlah Garis
< 900m	1	Satu
900m - 1199m	2	Dua, Satu
1200 - 1499m	3	Dua, Satu, Satu
1500 - 2399m	4	Dua, Dua, Satu, Satu
> 2400m	6	Tiga, Tiga, Dua, Dua, Satu, Satu

Sumber : SKEP/11/I/2001

3.8.2. Perencanaan *Taxiway*

Setelah direncanakan *runway*, maka tahap selanjutnya adalah Merencanakan kebutuhan *taxiway* pada tahun 2030 sesuai dengan pesawat rencana yang telah di dapatkan.

1. Perencanaan Dimensi *taxiway*

Dimensi dari *Taxiway* harus memiliki faktor keamanan yang diizinkan karena pegerakan pesawat sangat cepat, ketika *cockpit* menuju *taxiway* yang diperhatikan adalah garis tengah dari *taxiway*, jarak diantaranya harus

terbebas dari hambatan terutama yang diluar roda pesawat dan diujung dari *taxiway*, nilai minimum yang diberikan seperti dalam tabel 3.22.

Tabel 3. 22 Dimensi Lebar *taxiway*

Code Letter	Penggolongan Pesawat	Lebar <i>Taxiway</i> (m)	Jarak bebas minimum dari sisi terluar roda utama dengan tepi <i>Taxiway</i> (m)
A	I	7,5	1,5
B	II	10,5	2,25
C	III	15 ^A	3 ^A
		18 ^B	4,5 ^B
D	IV	18 ^c	4,5
		23 ^D	
E	V	25	4,5
F	VI	30	4,5

Keterangan:

- Bila *Taxiway* digunakan pesawat dengan roda dasar kurang dari 18m.
- Bila *Taxiway* digunakan pesawat dengan seperempat roda dasar lebih dari 18m.
- Bila *Taxiway* digunakan pesawat dengan roda putaran kurang dari 9m.
- Bila *Taxiway* untuk pesawat dengan seperempat roda putaran lebih dari 9m.

Sumber : SKEP/77/VI/2005

2. Perencanaan *Taxiway Shoulders*

Bagian yang lurus dari *taxiway* harus dilengkapi dengan bahu dengan luasan simetris pada setiap sisi dari *taxiway* jadi lebar dari keseluruhan *taxiway* dan bahu pada bagian lurus minimum seperti pada tabel 3.23. dibawah :

Tabel 3. 23 *Taxiway Shoulder Minimum*

Code Letter	Penggolongan Pesawat	Lebar Minimum Bahu <i>Taxiway</i> Pada Bagian Lurus (m)
A	I	25
B	II	25
C	III	25
D	IV	38
E	V	44
F	VI	60

Sumber : SKEP/77/VI/2005

3. Perencanaan *Taxiway Transverse Slope*

Kemiringan melintang *Taxiway* harus cukup memadai untuk mencegah penambahan air dan tidak kurang dari 1%, nilai maksimumnya terdapat pada tabel 3.24. dibawah ini :

Tabel 3. 24 Kemiringan Melintang Maksimum *Taxiway*

Code Letter	Penggolongan Pesawat	Kemiringan Melintang (%)
A	I	2
B	II	2
C	III	1,5
D	IV	1,5
E	V	1,5
F	VI	1,5

Sumber : SKEP/77/VI/2005

4. Perencanaan *Rapid Exit Taxiway*

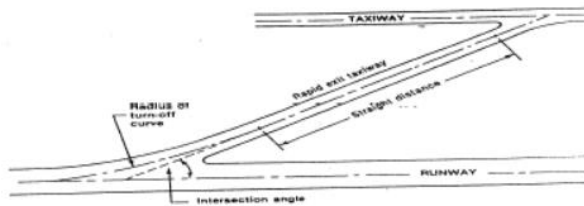
Exit Taxiway berguna untuk mengurangi penggunaan *runway* oleh pesawat yang mendarat. *Exit Taxiway* bisa diletakkan di beberapa sudut kearah *runway* dan di beberapa sudut yang lain. *Exit Taxiway* dibagi menjadi dua berdasarkan kecepatan pesawat yang lewat yakni jenis *high-speed exit* (kecepatan tinggi) dan *right angle exit* (kecepatan rendah). Ketika *exit taxiway* memiliki sudut 30^0 , kecepatan pesawat umumnya berada pada

kecepatan tinggi maka disebut *rapid exit taxiway* Horonjeff (2011).

Tabel 3. 25 Jari-Jari minimum taxiway

<i>Code Letter / Penggolongan Pesawat</i>	Kecepatan pesawat dalam keadaan basah (km/jam)	Jari-jari minimum belokan jalan pesawat (m)	Sudut potong antara <i>rapid exit taxiway</i> dengan <i>runway</i> ($^{\circ}$)
A / I	65	275	30
B / II	65	275	30
C / III	93	550	30
D / IV	93	550	30
E / V	93	550	30
F / VI	93	550	30

Sumber : SKEP/77/VI/2005



Gambar 3. 13 Rapid Exit Taxiway

Sumber : SKEP/77/VI/2005

5. Perencanaan Lokasi *Exit Taxiway*

Lokasi *Exit taxiway* tergantung pada jenis komposisi pesawat yang akan beroperasi di bandara, kecepatan *approach* dan *touchdown*, titik *touchdown*, kecepatan keluar, laju perlambatan, tergantung juga dengan kondisi landasan yang kering atau basah, dan jumlah keluarnya. Kecepatan dan cara mengatur lalu lintas meruakan faktor terpenting dalam menentukan lokasi *Exit Taxiway*.

Sebagai pengganti komputasi jarak dari *threshold* menyentuh *touchdown*, jarak *touchdown* diasumsikan sebagai nilai tetap untuk kelas tertentu pesawat. Biasanya nilai ini berkisar antara 500-1500 ft dari *runway threshold*. Untuk jarak ini ditambahkan jarak melambat untuk keceparan pada *exit taxiway*. Menurut Horonjeff (2011), untuk perhitungan jarak dari *runway* ke titik *touchdown* (D_1) dihitung menggunakan persamaan:

$$D_1 = \frac{V_{ot}^2 - V_{td}^2}{2 a_1} \quad (3.29)$$

Dimana :

- V_{ot} = Kecepatan saat mendarat
- V_{td} = Kecepatan saat *touchdown*
- a_1 = Perlambatan saat di udara
- a_2 = Perlambatan saat di darat

Untuk perhitungan jarak dari titik *touchdown* ke lokasi *exit taxiway* dihitung menggunakan persamaan:

$$D_e = \frac{V_{td}^2 - V_e^2}{2 a_2} \quad (3.30)$$

Dimana :

- V_{td} = Kecepatan saat *touchdown*
- V_e = Kecepatan saat keluar *exit taxiway*
- a_1 = Perlambatan saat di udara
- a_2 = Perlambatan saat di darat

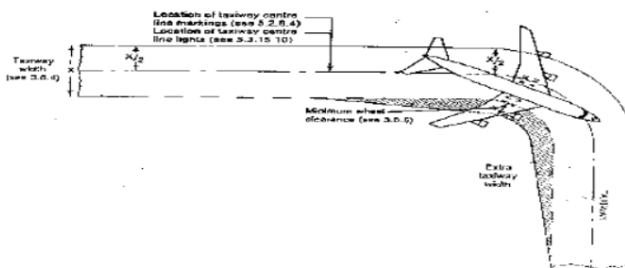
6. Perencanaan *Taxiway Curves*

Perubahan arah dalam *taxiway* harus memenuhi radius minimum, penetapan rencana kecepatan minimum terdapat pada tabel 3.26 berikut:

Tabel 3. 26 Kurva Taxiway

Taxiway Design Curve (km/h)	Radius Of Curve (m)
20	24
30	54
40	96
50	150
60	216
70	294
80	384
90	486
100	600

Sumber : SKEP/77/VI/2005



Gambar 3. 14 Taxiway Curve

Sumber : SKEP/77/VI/2005

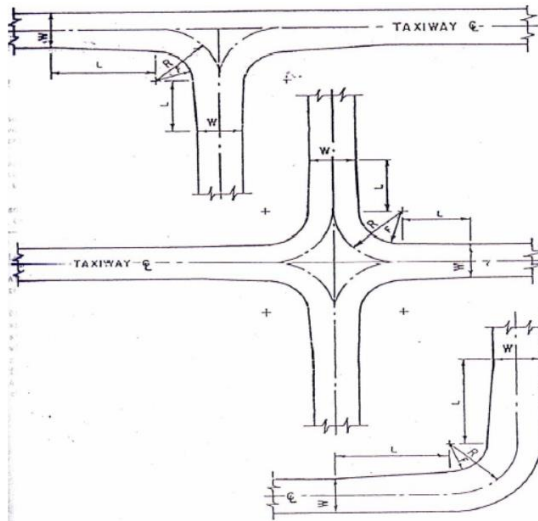
7. Perencanaan *Fillet Taxiway*

Bagian tambahan dari perkerasan yang disediakan pada persimpangan *taxiway* untuk memfasilitasi berputarnya pesawat agar tidak tergelincir keluar dari perkerasan yang ada. Tabel 3.27 merupakan dimensi dari *Fillet Taxiway*, dan tabel 3.28 merupakan jari-jari *fillet taxiway*.

Tabel 3. 27 Dimensi Fillet Taxiway

Code Letter / Penggolongan Pesawat	Putaran Taxiway (R) (m)	Panjang dari peralihan ke Fillet (L) (m)	Jari-jari <i>Fillet</i> untuk <i>judgemental</i> <i>overstering</i> <i>symetrical</i> <i>widening</i> (F) (m)	Jari-jari <i>Fillet</i> untuk <i>judgemental</i> <i>overstering</i> <i>one</i> <i>side widening</i> (F) (m)	Jari-jari <i>Fillet</i> untuk <i>tracking</i> <i>centre line</i> (F) (m)
A / I	22,5	15	18,75	18,75	18
B / II	22,5	15	17,75	17,75	16,5
C / III	30	45	20,4	18	16,5
D / IV	45	75	31,5 – 33	29 - 30	25
E / V	45	75	31,5 – 33	29 - 30	25
F / VI	45	75	31,5 – 33	29 - 30	25

Sumber : SKEP/77/VI/2005



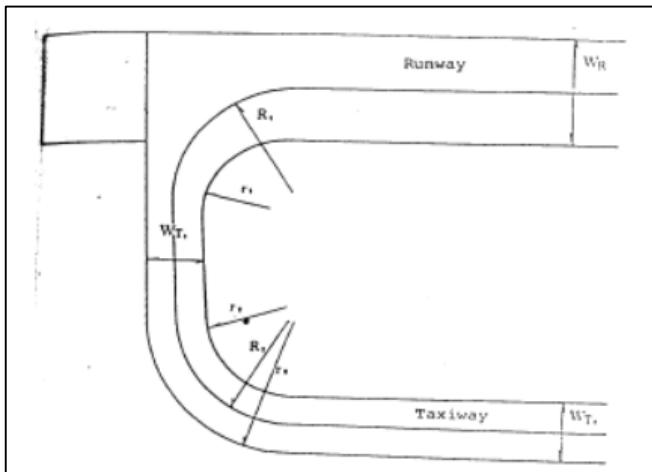
Gambar 3. 15 Fillet Taxiway

Sumber : SKEP/77/VI/2005

Tabel 3. 28 Jari-Jari Fillet Taxiway

Code Letter	Golongan Pesawat	Lebar Runway W (m)	Lebar Parallel Taxiway W _{T2} (m)	Lebar dari dan keluarnya Taxiway W _{T1} (m)	R ₁ (m)	R ₂ (m)	r ₀ (m)	r ₁ (m)	r ₂ (m)
A	I	18	15	30	30	30	39	25	25
B	II	23	18	26,5	41,5	30	41,5	25	30
C	III	30	23	26,5	41,5	41,5	53	25	35
D	IV	45	30	26,5	30	30	71,5	35	55
E	V	45	30	23	60	60	71,5	35	55
F	VI	60	45	18	60	60	75	45	50

Sumber : SKEP/77/VI/2005



Gambar 3. 16 Jari-jari Fillet

Sumber : SKEP/77/VI/2005

8. Perencanaan Taxiway Minimum Separation Distance

Pemisahan jarak minimum antara garis tengah taxiway sampai parkir taxiway dengan: Garis tengah runway, Garis tengah taxiway, gedung, bangunan, kendaraan, dinding, tanaman, peralatan, tempat pesawat.

Pemisahan jarak antara garis tengah dari *taxiway* dan garis tengah dari *runway*, garis tengah sejajar *runway* memiliki dimensi minimum dengan spesifik dalam tabel berikut, kecuali untuk operasi dengan jarak pemisahan yang rendah diijinkan dan jika pemisahan jarak lebih rendah cenderung tidak mempengaruhi keamanan dalam operasi penerbangan.

Tabel 3. 29 Tabel Jarak Garis Tengah Taxiway dan Garis Tengah Runway

Jarak Antara Garis Tengah Taxiway dan Garis Tengah Runway											
Code Letter / Penggolongan Pesawat	Landasan Instrumen				Landasan Non Instrumen				Garis Tengah Taxiway pada garis Tengah Taxiway (m)	Garis Tengah Taxiway pada suatu Obyek Tetap (m)	Pesawat Udara yang berada digaris tengah Taxiway dengan obyek tetap (m)
	1	2	3	4	1	2	3	4			
A / I	82,5	82,5	-	-	37,5	47,5	-	-	23,75	16,25	12
B / II	87	87	-	-	42	52	-	-	33,5	21,5	16,5
C / III	-	-	168	-	-	-	93	-	44	26	24,5
D / IV	-	-	176	176	-	-	101	101	66,5	40,5	36
E / V	-	-	-	182,5	-	-	-	107,5	80	47,5	42,5
F / VI	-	-	-	190	-	-	-	115	97,5	57,5	50,5

Sumber : SKEP/77/VI/2005

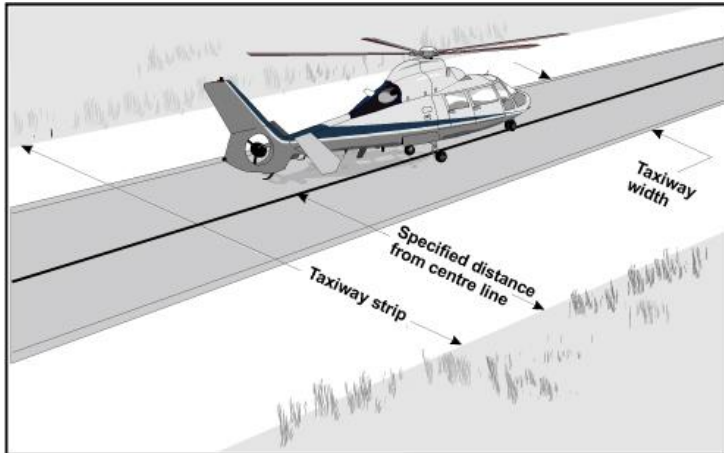
9. Perencanaan *Taxiway Strip*

Taxiway Strip adalah jarak dari bagian tengah taxiway ke ujung longitudinal *taxiway* yang diatur jarak minimumnya sesuai dengan tabel 3.30

Tabel 3. 30 Dimensi *Taxiway Strip*

Code Letter / Penggolongan Pesawat	Jarak Minimum Bagian Tengah Strip Garis Tengah Taxiway (m) Graded Area	Maksimum Kemiringan Ke Atas Yang Diratakan (%)	Maksimum Kemiringan Kebawah yang Diratakan (%)
A / I	11	3	5
B / II	12,5	3	5
C / III	12,5	2,5	5
D / IV	19	2,5	5
E / V	22	2,5	5
F / VI	30	2,5	5

Sumber : SKEP/77/VI/2005



Gambar 3. 17 Ilustrasi Taxiway Strip

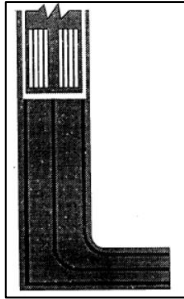
Sumber : (UK CAA Document on taxiways marking, 2007)

10. Perencanaan Apron Marking

Disesuaikan dengan SKEP DIRJEN No. SKEP/11/1/2001 tentang standar marka dan rambu pada daerah pergerakan pesawat di bandar udara, meliputi:

(a) *Taxiway Centre Line Marking*

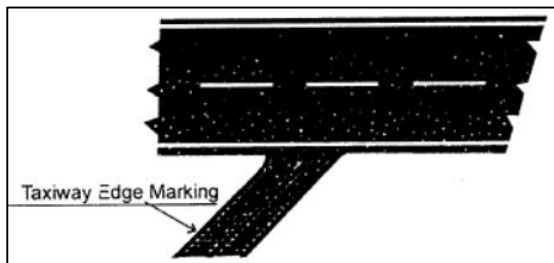
Adalah tanda berupa garis dengan lebar 0,15 m berwarna kuning, berfungsi sebagai memberi tuntunan kepada pesawat udara dari *runway* menuju *apron* atau sebaliknya, terletak di tengah-tengah dan disepanjang *taxiway*. Gambar 3.18 merupakan gambar dari *taxiway centerline marking*.



Gambar 3. 18 Taxiway Centerline Marking
Sumber : SKEP/11/I/2001

(b) *Taxiway Edge Marking*

Adalah garis berwarna kuning disepanjang tepi *taxiway*, yang berfungsi sebagai penunjuk batas pinggir *taxiway* yang diletakkan disepanjang batas pinggir *taxiway*. Gambar 3.19 merupakan gambar *taxiway edge marking*.

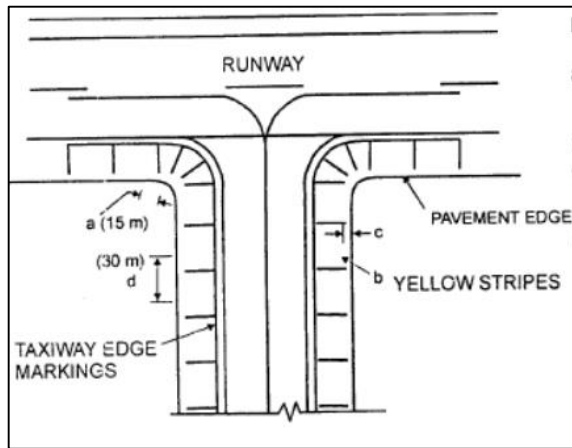


Gambar 3. 19 Taxiway Edge Marking
Sumber : SKEP/11/I/2001

(c) *Taxiway Shoulder Marking*

Adalah tanda berupa garis-garis berwarna kuning dan merupakan bahu *taxiway*. marka ini dipasang apabila *shoulder taxiway* diperkeras, yang berfungsi sebagai tanda yang menunjukkan bahwa tidak boleh dilalui

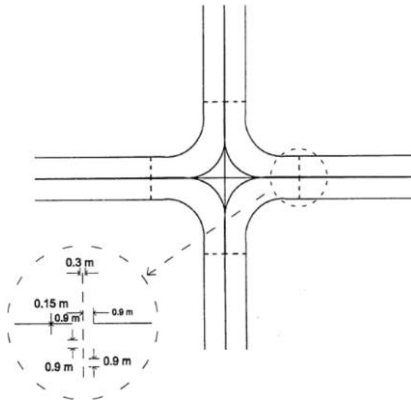
pesawat udara, letaknya disebelah luar *taxiway edge marking*. Gambar 3.20 merupakan gambar dari *taxiway shoulder marking*.



Gambar 3. 20 Taxiway Shoulder Marking
Sumber : SKEP/11/I/2001

(d) *Intermediate Holding Position Marking*

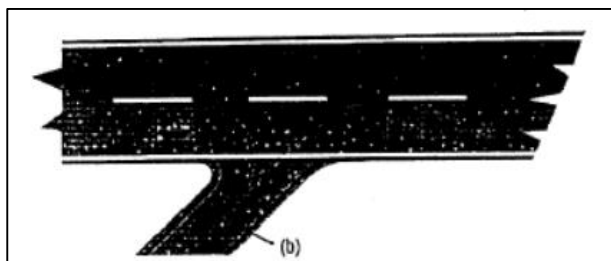
Adalah tanda di persimpangan *taxiway* berupa garis terputus-putus yang berwarna kuning dan ukurannya telah ditentukan, berfungsi untuk menunjukkan letak persimpangan *taxiway*. gambar 3.21 merupakan gambar dan dimensi dari *intermediate holding position marking*.



Gambar 3. 21 Intermediate Holding Position Marking
Sumber : SKEP/11/I/2001

(e) *Exit Guide Line Marking*

Adalah tanda berupa garis berwarna kuning yang terletak di *runway* dan menghubungkan dengan *taxiway centerline*, berfungsi memberikan tutunan keluar masuk pesawat udara yang sedang taxi menuju landasan pacu atau sebaliknya, terletak di persimpangan *taxiway* dengan *runway*. Gambar 3.22 menunjukkan gambar *exit guide line marking*.



Gambar 3. 22 Exit Guide Line Marking
Sumber : SKEP/11/I/2001

3.8.3. Perencanaan *Apron*

Apron merupakan fasilitas sisi udara yang berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan penumpang, muatan, bahan bakar, parkir, dan persiapan pesawat sebelum melanjutkan penerbangan. *Apron* terdiri dari tempat parkir pesawat (*aircraft gates, aircraft stands, atau ramps*) dan jalur sirkulasi pesawat memasuki tempat parkir.

1. Perencanaan Jumlah *Aircraft Gate*

Dalam perencanaan jumlah *gate*, ditentukan berdasarkan perkiraan arus kedatangan ataupun keberangkatan disetiap perencanaan. Jumlah *gate position* dapat dihitung dengan perumusan sebagai berikut:

$$G = \frac{V \times T}{U} \quad (3.31)$$

Dimana :

- G = Jumlah *Gate*
- V = Volume rencana untuk kedatangan atau keberangkatan (gerakan/jam)
- T = Waktu pemakaian *gate*
- U = Faktor utilitas *gate* (0,5 – 0,8)

2. Perencanaan Dimensi *Gate*

Luas *apron* terdiri dari panjang dan lebar dari area ini, dimana untuk perhitungan panjang dan lebar apron dapat digunakan persamaan:

$$\text{Panjang Apron} = G \times 2R + G \times C \quad (3.32)$$

$$\text{Lebar Apron} = L + C + W \quad (3.33)$$

Dimana :

- G = Jumlah *Gate*

- R = Radius putar pesawat
 C = jarak pesawat dan pesawat ke gedung terminal
 L = Lebar Pesawat
 W = Lebar *taxiline* (6ft untuk pesawat kecil dan 29ft pesawat berbadan lebar)

Jika R tidak tersedia, maka nilai R dapat dihitung dengan rumus:

$$R = \left(\frac{Wingspan}{2} \right) + \left(\frac{Wheelbase}{tg 60^\circ} \right) \quad (3.34)$$

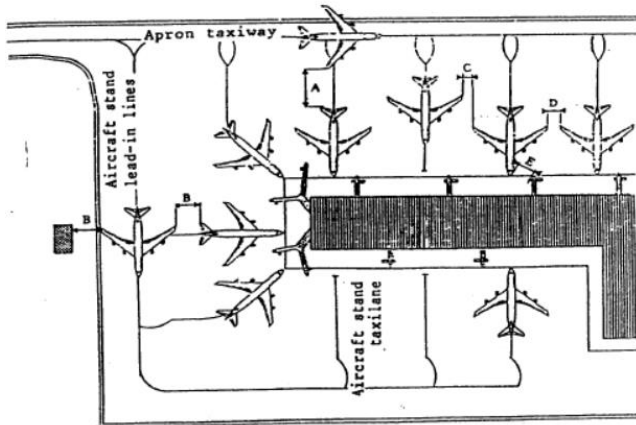
3. Apron Separation

Didalam perencanaan *apron*, didapatkan jarak yang diperlukan agar pesawat memiliki jarak aman pada *apron*. Tabel 3.31 merupakan jarak bebas antar pesawat di apron. Dan tabel 3.20 merupakan jarak bebas antar pesawat. Gambar 3.32. merupakan konfigurasi pada *apron*.

Tabel 3. 31 Jarak Bebas Antar Pesawat Di Apron

Uraian	Code Letter / Penggolongan					
	A/I	B/II	C/III	D/IV	E/V	F/VI
Jarak bebas antar pesawat yang parkir dengan pesawat yang akan tinggal landas (A) (m)	10	10	10	15	15	15
Jarak bebas antar pesawat yang parkir dengan pesawat yang berada di taxilane dan penghalang lain (B) (m)	4,5	4,5	7,5	7,5	10	10
Jarak pesawat yang sedang berjalan dengan pesawat yang berada di lead-in garis dan pesawat lain (C) (m)	4,5	4,5	7,5	7,5	10	10
Jarak antara pesawat yang sejajar yang berada di apron dan bangunan lain (D) (m)	4,5	4,5	7,5	7,5	10	10
Jarak antara pesawat dengan pengisian bahan bakar dan bangunan (E) (m)	15	15	15	15	15	15

Sumber : SKEP/77/VI/2005



Gambar 3. 23 Konfigurasi pada Apron
Sumber : SKEP/77/VI/2005

Tabel 3. 32 Jarak Bebas Antar Pesawat

Code Letter	Penggolongan Pesawat	Jarak bebas	
		Feet	Meter
A	I	10	3
B	II	10	3
C	III	15	4.5
D	IV	25	7.5
E	V	25	7.5
F	VI	25	7.5

Sumber : *Horonjeff (2010)*

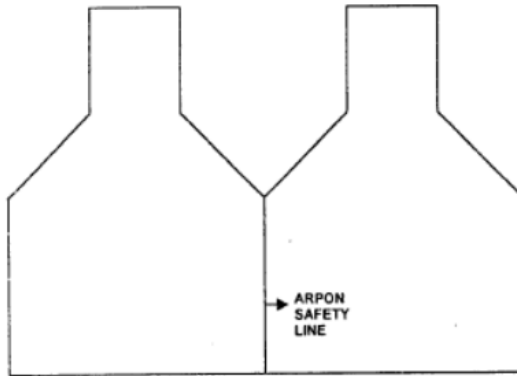
4. Perencanaan *Apron Marking*

Disesuaikan dengan No. SKEP/11/1/2001 tentang standar marka dan rambu pada daerah pergerakan pesawat udara di bandar udara, meliputi:

a. *Apron safety line marking*

Adalah garis berwarna merah yang berada di apron dengan lebar 0,15m, yang berfungsi sebagai

petunjuk batas yang aman bagi pesawat udara dari gerakan peralatan pelayanan darat. Terletak di sekeliling pesawat udara. Gambar 3.24 merupakan gambar *apron safety line marking*.



Gambar 3. 24 Apron Safety Line Marking
Sumber : SKEP/11/I/2001

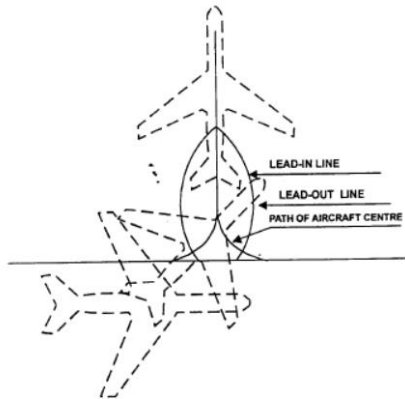
Tabel 3. 33 Wing Tip Clearance pada apron

Code Letter	Clearance
A	3m
B	3m
C	4,5m
D	7,5m
E	7,5m
F	7,5m

Sumber : SKEP/11/I/2001

- b. *Apron lead-in dan lead-out line marking*
 Adalah garis yang berwarna kuning di apron dengan lebar 0,15m, yang berfungsi sebagai

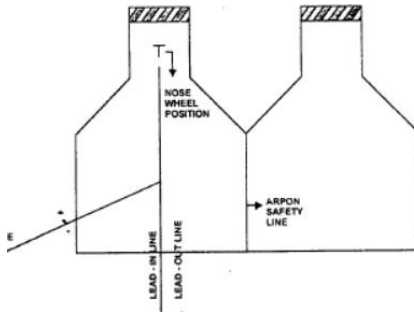
pedoman yang digunakan oleh pesawat udara untuk melakukan taxi dari *taxiway* ke *apron* atau sebaliknya, letaknya di *apron* area. Gambar 3.25 menunjukkan gambar dari marka *apron lead in* dan *lead out line marking*.



Gambar 3. 25 Apron Lead-in dan Lead-out Marking
Sumber : SKEP/11/I/2001

c. *Aircraft Stop Line Marking*

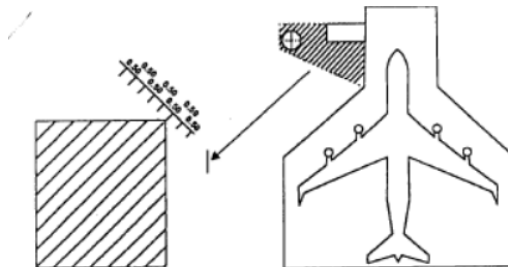
Adalah tanda berupa garis atau berwarna kuning, yang berfungsi sebagai tanda tempat berhenti pesawat udara yang parkir, terleak di *apron area*, pada perpanjangan *lead-in* berjarak 6m dari akhir *lead-in*. gambar 3.26 merupakan gambar dari *Aircraft Stop Line Marking*.



Gambar 3. 26 Apron Stop Line Marking
Sumber : SKEP/11/I/2001

d. *Aerobridge safety marking*

Adalah tanda di *apron* berupa garis-garis berwarna merah yang berbentuk trapesium, yang berfungsi untuk menunjukkan daerah pergerakan *aerobridge* (Garbarata), yang terletak dekat dengan *aircraft parking stand*. Gambar 3.27 menunjukkan *aerobridge safety marking*.



Gambar 3. 27 Aerobridge Safety Marking
Sumber : SKEP/11/I/2001

3.9. Perencanaan Perhitungan *Runway Occupancy Time*

Perencanaan perhitungan *Runway Occupancy Time* digunakan untuk mencheck hasil *layout* sisi udara tahun 2030. Data yang digunakan adalah data kecepatan saat *touchdown*, saat keluar *exit taxiway* untuk tiap kategori pesawat yang digunakan untuk memenuhi persyaratan yang prosedural pada sub bab 2.7, yang dapat dihitung dengan persamaan berikut ini

$$ROT = \frac{V_{ot} - V_{td}}{2a_1} + 3 + \frac{V_{td} - V_e}{2a_2} + t \quad (3.35)$$

ROT	=	<i>Runway Occupancy Time</i>
V _{ot}	=	Kecepatan saat mendarat
V _{td}	=	Kecepatan saat <i>touchdown</i>
V _e	=	Kecepatan saat keluar <i>exit taxiway</i>
a ₁	=	Perlambatan saat di udara
a ₂	=	Perlambatan saat di darat
t	=	Waktu pesawat untuk belok dari <i>runway</i> setelah <i>exit speed</i> tercapai

3.10. Perencanaan Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar

3.10.1. Perencanaan Perhitungan Kecepatan *Taxiing* Pesawat

Setelah pesawat *landing* dari *runway*, maka pesawat akan masuk ke *exit taxiway*, dan dilanjutkan menuju *apron*, maka perlu diketahui bahwa masing-masing pesawat juga memiliki gaya besar dorong (*thrust*) yang berbeda. Berdasarkan Ashford (2011) menjelaskan bahwa kecepatan *taxiing* pada *taxiway* adalah

sebesar 20-30 mph, pada tugas akhir ini menggunakan kecepatan taxiing rencana sebesar 30mph atau sekitar 13,4 m/s

3.10.2. Perencanaan Perhitungan gaya *Thrust* Mesin

Untuk menganalisa besar gaya dorong (*thrust*) yang memasuki *taxiway*, yang berpengaruh kepada kebutuhan bahan bakar, maka digunakanlah rumusan energi mekanik sebagai rumusan dasar analisis. Rumusan ini akan mengeluarkan gaya *thrust* yang akan dikeluarkan oleh *engine* pesawat saat memasuki *taxiway*. adapun rumusan energi mekanik tersebut sebagai berikut :

$$\frac{1}{2}mv^2 + mgh + f \cdot s = F_{thrust} \cdot S \quad (3.36)$$

$$F_{thrust} = \frac{\frac{1}{2}mv^2 + mgh + f \cdot s}{s} \quad (3.37)$$

$$S = \sqrt{h^2 + L^2} \quad (3.38)$$

$$h = \tan \Theta \times L \quad (3.39)$$

$$f = mg \cdot \sin \Theta \cdot \mu \quad (\mu = 0,34) \quad (3.40)$$

Dimana :

- F_{thrust} = Gaya *thrust* yang dihasilkan (lbf)
- m = Berat maksimum pendaratan (kg)
(*Landing Weight*)
- v = Kecepatan *taxiing* (m/s)
- g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)
- h = Jarak bidang vertikal (ketinggian)
- f = Gaya gesekan perkerasan
- s = Jarak bidang diagonal (m)

L = Jarak dari *Runway* menuju *Apron*
yang disimulasikan dari nomor
runway yang berbeda

3.10.3. Menghitung Kebutuhan Operasional Bahan Bakar

Setelah gaya *thrust* yang dibutuhkan pesawat berjalan pada *taxiway*, langkah selanjutnya adalah memperhitungkan tingkat penggunaan bahan bakar avtur pada saat melewati *taxiway*, dalam perhitungan bahan bakar kali ini menggunakan variable *specific fuel consumption* dari setiap mesin pesawat untuk mencari nilai bahan bakar yang dinyatakan dalam satuan pounds (lbs). analisis dan perhitungan tingkat konsumsi bahan bakar tiap pesawat menggunakan rumusan seperti berikut:

$$M_{fc} = F_{thrust} \cdot SFC \cdot t \quad (3.41)$$

$$t = \frac{s}{v} \quad (3.42)$$

Dimana :

- M_{fc} = konsumsi bahan bakar (lb)
- F_{thrust} = gaya *thrust* yang dihasilkan (lbf)
- SFC = *specific Fuel Consumption* (lb/h)
- t = waktu tempuh pesawat di *taxiway* (s)
- s = jarak tempuh pesawat (m)
- v = kecepatan *taxiing* (m/s)

Tabel 3. 34 Karakteristik Kinerja Mesin Pesawat

<i>Aircraft</i>	<i>Engine</i>	<i>Bypass Ratio</i>	<i>Spesific Fuel Consumption</i>
A340	CFM56-5C2	6,4	0,32
B757	PW2037	6,0	0,33
A330-300	CF6-80E1A2	5,1	0,33
A320	CFM56-5A1	6,0	0,33
B737-400/500	CFM56-3Ca	6,0	0,33
A310	PW4152	4,9	0,348
B767-200	CD6-80A2	4,7	0,35
B747-400	PW4056	4,9	0,359
B737-600	CFM56-7B20	5,5	0,36
A321-200	V2533-A5	4,6	0,37
BA146-300	LF507	5,6	0,406
MD-80	JT8D-219	1,8	0,519

Sumber : Horonjeff (2011)

3.10.4. Menghitung jumlah biaya yang dibutuhkan

Untuk mengetahui biaya yang dibutuhkan akibat adanya Fasilitas sisi udara yang baru, maka dihitung pertambahan biaya operasional akibat biaya konsumsi bahan bakar yang bertambah, dengan cara mengalikan jumlah bahan bakar hasil perhitungan dengan harga bahan bakar. Adapun rumusan bahan bakar yang digunakan sebagai berikut:

$$V_{fc} = \frac{M_{fc}}{\rho_{avtur}} \quad (3.43)$$

$$N_{fc} = V_{fc} \cdot H_{s_{avtur}} \quad (3.44)$$

Dimana :

V_{fc} = volume konsumsi bahan bakar
(liter)

M_{fc} = berat konsumsi bahan bakar (lbs)

ρ_{avtur} = massa jenis avtur (0,804kg/L =
1,8825lbs/L)

$H_{s_{avtur}}$ = harga satuan avtur perliter

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Data Perencanaan Perhitungan Lalu Lintas Udara

Dalam perencanaan sisi udara pada bandara SSK-II, dibutuhkan historis data pergerakan lalu lintas udara yang beroperasi pada bandara SSK-II yang meliputi data pergerakan penumpang dan pergerakan pesawat yang diperlukan untuk peramalan pada tahun 2030 juga untuk perencanaan sisi udara bandara pada tahun 2030. Agar pada tahun 2030 dapat mengakomodir kebutuhan pesawat terbang akan fasilitas sisi udara pada bandara SSK-II sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan No. 69 Tahun 2013 Tentang Tataan Kebandarudaraan Nasional.

Data pergerakan pesawat diperoleh dari *Annual Report* PT. Angkasa Pura II yang dapat diunduh pada portal online <https://www.angkasapura2.co.id/en/manajemen/laporan-tahunan>, dan didapat data pergerakan pesawat bandara SSK-II pada tahun 2011-2016 yang dapat dilihat pada tabel 4.1. sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Pergerakan Pesawat Bandara SSK-II

Tahun	Pergerakan Pesawat
2011	23.460
2012	25.244
2013	30.022
2014	25.423
2015	19.268
2016	25.765

Sumber : *Annual Report* PT. Angkasa Pura II

Data pergerakan penumpang diperoleh dari *Annual Report* PT. Angkasa Pura II yang dapat diunduh pada portal

online <https://www.angkasapura2.co.id/en/manajemen/laporan-tahunan>, dan didapat data pergerakan penumpang bandara SSK-II pada tahun 2002-2018 yang dapat dilihat pada tabel 4.2. sebagai berikut

Tabel 4. 2 Pergerakan Penumpang Bandara SSK-II

Tahun	Jumlah Penumpang
2002	675.277
2003	1.101.806
2004	1.444.262
2005	1.513.561
2006	1.756.352
2007	1.839.322
2008	1.834.311
2009	1.977.884
2010	2.394.426
2011	2.541.431
2012	2.772.254
2013	3.257.547
2014	2.993.872
2015	2.670.046
2016	3.386.243
2017	3.792.592
2018	4.007.252

Sumber : *Annual Report* PT. Angkasa Pura II

4.2. Pergerakan Pesawat dan Perhitungan Kapasitas *Runway* eksisting

Pergerakan Pesawat pada tahun 2019 (eksisting) juga diperhitungkan untuk melakukan perencanaan, dalam mendapatkan data pergerakan pesawat pada tahun 2019, didapatkan data pergerakan pesawat bandara SSK-II dengan menggunakan portal *online* yang dapat diakses di laman <https://www.flightstats.com>. Data tersebut dikumpulkan selama 7 hari dari tanggal 22 Oktober 2019 sampai dengan 28 Oktober 2019 yang telah direkapitulasi dalam tabel 4.3

Tabel 4. 3 Rekapitulasi Keberangkatan dan Kedatangan pada bandara SSK-II selama 7 hari

Tanggal	Departure	Arrival	Total
Selasa, 22 Oktober 2019	39	39	78
Rabu, 23 Oktober 2019	41	44	85
Kamis, 24 Oktober 2019	39	42	81
Jumat, 25 Oktober 2019	40	42	82
Sabtu, 26 Oktober 2019	39	40	79
Minggu, 27 Oktober 2019	43	44	87
Senin, 28 Oktober 2019	43	44	87

Sumber : flightstats.com

4.2.1. Perencanaan Hari Sibuk dan Jam Sibuk Pada Tahun 2019

Setelah mengetahui pergerakan pesawat pada tahun eksisting (2019), selanjutnya adalah mengetahui hari sibuk dalam 7 hari dan jam sibuk dalam 24 jam. Hari sibuk didapat dari jumlah pergerakan pesawat terbanyak dalam 7 hari, dan jam sibuk dapat dicari dengan melihat nilai maksimum dari jumlah pergerakan pesawat dalam waktu 60 menit.

Berdasarkan tabel 4.3, bahwa pada tanggal 27 Oktober 2019 merupakan hari tersibuk di bandara SSK-II dengan 87 Pergerakan/Hari dengan Komposisi 43 Keberangkatan dan 44 Kedatangan. Maka dari itu, tanggal 27 Oktober 2019 ditetapkan sebagai hari sibuk (*Peak day*) pada tahun eksisting (2019) dan digunakan untuk perencanaan selanjutnya.

**Tabel 4. 4 Jadwal Keberangkatan Pada 27 Oktober 2019
Bandara SSK-II**

DEPARTURE SUNDAY (27 OCT 2019)				
No.	FLIGHT	TIME	DESTINATION	TYPE
1	IW 1759	06.00	PLM	ATR 72
2	JT 393	06.05	CGK	B739
3	IW 1724	06.10	TNJ	ATR 72
4	ID 7064	06.20	CGK	A320
5	JT 983	06.30	SUB	B739
6	JT 913	06.30	KJT	B739
7	IW 1281	07.20	DJB	ATR 72
8	CTV 782	07.45	JOG	A320
9	AK 426	08.00	KUL	A320
10	ID 6851	08.25	CGK	A320
11	MXD 363	08.35	SZB	ATR 72
12	JT 125	09.20	KNO	B739
13	CTV 814	09.25	BDO	A320
14	JT 124	09.40	JOG	B739
15	JT 279	09.40	JOG	B739
16	AK 430	10.55	KUL	A320
17	GA 175	11.05	CGK	B738
18	JT 236	11.40	BTH	B739
19	JT 391	11.55	CGK	B739
20	CTV 933	12.00	BTH	A320
21	ID 6855	12.20	CGK	A320
22	MXD 311	12.20	BTH	ATR 72
23	JT 141	12.35	KNO	B739
24	GA 177	13.00	CGK	B738
25	CTV 937	13.10	CGK	A320
26	JT 291	13.35	CGK	B739
27	CTV 929	14.05	KNO	A320
28	IW 1278	14.25	DUM	ATR 72
29	CTV 935	15.00	BTH	A320
30	IW 1760	15.35	PDG	ATR 72
31	AK 428	16.00	KUL	A320
32	ID 6857	16.00	CGK	A320
33	ID 7066	16.00	HLP	A320
34	GA 179	16.35	CGK	B738
35	ID 6849	17.00	CGK	A320
36	TR 253	18.00	SIN	A320
37	JT 234	18.15	BTH	B739
38	JT 295	18.25	CGK	B739
39	JT 294	18.25	KNO	B739
40	GA 199	18.55	CGK	B738
41	ID 6853	19.30	CGK	A320
42	CTV 939	20.15	CGK	A320
43	MH 840	20.55	KUL	B738

Sumber : flightstats.com

Tabel 4. 5 Jadwal Kedatangan Pada 27 Oktober 2019 Bandara
SSK-II

ARRIVAL SUNDAY (27 OCT 2019)				
No.	FLIGHT	TIME	ORIGIN	TYPE
1	CTV 936	07.15	CGK	A320
2	AK 427	07.35	KUL	A320
3	ID 6856	07.35	CGK	A320
4	MXD 362	08.30	SZB	ATR 72
5	JT 124	08.40	KNO	B739
6	CTV 928	08.55	KNO	A320
7	JT 276	09.00	JOG	B739
8	GA 172	10.20	CGK	B738
9	AK 431	10.30	KUL	A320
10	JT 237	10.50	BTH	B739
11	JT 390	11.25	CGK	B739
12	CTV 932	11.30	BTH	A320
13	ID 6852	11.40	CGK	A320
14	ID 6267	11.40	CGK	A320
15	MXD 310	11.55	MKZ	ATR 72
16	JT 140	11.55	KNO	B739
17	GA 174	12.10	CGK	B738
18	SJ 26	12.20	KNO	B738
19	CTV 783	12.40	JOG	A320
20	JT 290	12.55	CGK	B739
21	CTV 815	13.35	BDO	A320
22	IW 1279	14.00	DUM	ATR 72
23	CTV 934	14.25	BTH	A320
24	ID 6584	14.55	CGK	A320
25	ID 7065	15.10	HLP	A320
26	IW 1761	15.10	PDG	ATR 72
27	AK 429	15.35	KUL	A320
28	GA 176	15.50	B738	B738
29	ID 6848	16.20	CGK	A320
30	TR 252	17.20	SIN	A320
31	JT 294	17.45	CGK	B739
32	JT 295	17.45	KNO	B739
33	JT 235	17.45	BTH	B739
34	GA 178	17.55	CGK	B738
35	ID 6850	18.40	CGK	A320
36	IW 1275	18.45	TNJ	ATR 72
37	JT 982	19.00	SUB	B739
38	CTV 938	19.00	CGK	A320
39	MH 841	19.55	KUL	B738
40	IW 1280	20.25	DJB	ATR 72
41	IW 1758	21.50	PLM	ATR 72
42	ID 7067	22.05	HLP	A320
43	JT 912	22.15	JT	B739
44	JT 296	22.25	CGK	B739

Sumber : flightstats.com

Tabel 4. 6 Rekapitulasi Keberangkatan dan Kedatangan pada hari sibuk tahun 2019

Sunday (27-Oct-2019)			
Jam	Departure	Arrival	Total
06:00 - 06:59	6	0	6
07:00 - 07:59	2	3	5
08:00 - 08:59	3	3	6
09:00 - 09:59	4	1	5
10:00 - 10:59	1	3	4
11:00 - 11:59	3	6	9
12:00 - 12:59	4	4	8
13:00 - 13:59	3	1	4
14:00 - 14:59	2	3	5
15:00 - 15:59	2	4	6
16:00 - 16:59	4	1	5
17:00 - 17:59	1	5	6
18:00 - 18:59	5	2	7
19:00 - 19:59	1	3	4
20:00 - 20:59	2	1	3
21:00 - 21:59	0	1	1
22:00 - 22:59	0	3	3
Total	43	44	87

Sumber : flightstats.com

Dari tabel 4.6, yang merupakan rekapitulasi dari tabel jadwal penerbangan pada hari sibuk (27 Oktober 2019), didapatkan bahwa terdapat jam sibuk (*Peak Hour*), yakni pada jam 11:00 – 11:59 dengan 9 Penerbangan yang mana terdapat 3 Keberangkatan dan 6 Kedatangan, yang akan dilanjutkan untuk perhitungan selanjutnya.

Tabel 4. 7 Rekapitulasi Kedatangan dan Keberangkatan pada jam sibuk tahun 2030

Flight	Time	Departure	Arrival	Tipe
GA 175	11.05	CGK		B738
JT 390	11.25		CGK	B739
CTV 932	11.30		BTH	A320
ID 6852	11.40		CGK	A320
ID 6267	11.40		CGK	A320
JT 236	11.40	BTH		B739
JT 391	11.55	CGK		B739
MXD 310	11.55		MKZ	ATR 72
JT 140	11.55		KNO	B739

4.2.2. Perhitungan Kapasitas *Runway* eksisting menggunakan metode matematis

Perhitungan kapasitas *runway* dilakukan dengan data yang diperoleh dari jam sibuk pada tahun eksisting (2019), hal ini guna mendapatkan kapasitas *runway* pada tahun eksisting agar dapat mengoptimalkan penggunaan *runway* di tahun 2030.

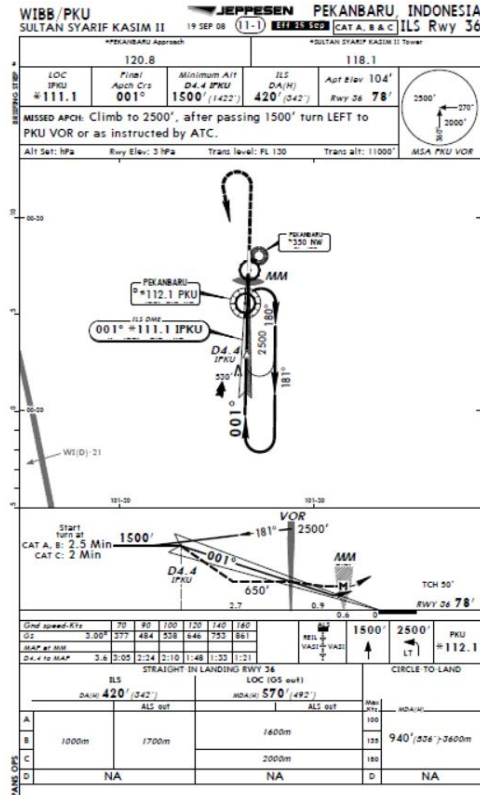
Tabel 4. 8 Komposisi pesawat yang beroperasi pada saat jam sibuk tahun 2019

Jenis Pesawat	Arrival	Departure	Total	Approach Speed (Knot)	ROT (Detik)	MTOW (kg)	Kelas Pesawat
ATR 72-600	0	1	1	131	55	22000	B
Airbus 320-200	0	3	3	135	65	78000	C
Boeing 737-800	1	0	1	142	65	79333	D
Boeing 737-900	2	2	4	144	65	78000	D

Tabel 4.8 Merupakan tabel komposisi pesawat yang beroperasi pada jam sibuk tahun 2019, beserta *approach speed*, ROT (*Runway Occupancy Time*), MTOW (*Maximum Take Off Weight*) dan Kelas Pesawatnya.

Hal yang pertama kali dilakukan untuk perhitungan kapasitas *runway* adalah mengetahui jarak pemisahan minimum rata-rata dua pesawat yang tiba pada jalur pendekat (*approach*) (δ_{ij}) berdasarkan tabel 3.1. dari ICAO (2001). Pesawat yang beroperasi di bandara SSK-II, memiliki tipe Medium dan Heavy,

sesuai dengan kategori pesawat dalam doc. 4444 Air Traffic Management dari ICAO (2001). maka, jarak pemisahan minimum rata-rata dua pesawat yang tiba pada jalur pendekat (*approach*) (δ_{ij}) adalah 5 nm.



Gambar 4. 1 ILS Chart di Runway 36 Bandara SSK-II (WIBB)

Sumber :

<https://saripedia.files.wordpress.com/2010/08/pekanbaru.pdf>

Selanjutnya, adalah mengidentifikasi ILS chart pada runway 36 Bandara SSK-II guna mendapat data tentang panjang jalur

pendekat (*Final Approach Path*) (y) sebesar 4,4 nm. yang akan digunakan untuk perhitungan kapasitas *runway* dengan metode matematis.

1. Kondisi Kedatangan Saja (*Arrivals Only*)

Kondisi ini merupakan menganggap bahwa *runway* hanya menerima kedatangan pada jam sibuk. Pada tabel 4.9 merupakan komposisi pesawat yang datang ke bandara SSK-II pada jam sibuk.

Tabel 4. 9 Kedatangan pesawat pada jam sibuk tahun 2019

ARRIVAL ONLY					
Flight	Time	Origin	Type	Approach Speed (Knot)	V-Type
JT 390	11.25	CGK	B739	144	V D
CTV 932	11.30	BTH	A320	135	V B
ID 6852	11.40	CGK	A320	135	V B
ID 6267	11.40	CGK	A320	135	V B
MXD 310	11.55	MKZ	ATR 72	131	V A
JT 140	11.55	KNO	B739	144	V D

Tabel 4. 10 Probabilitas pada Operasi Kedatangan Saja dari Kecepatan Approach

Leading	Trailing	Frekuensi	Probabilitas
131	131		0
131	135		0
131	142		0
131	144	1	0,2
135	131	1	0,2
135	135	2	0,4
135	142		0
135	144		0
142	131		0
142	135		0
142	142		0
142	144		0
144	131		0
144	135	1	0,2
144	142		0
144	144	0	0
Total		5	1

a. Keadaan Bebas Kesalahan (*Error Free Case*)

Pesawat yang akan dilayani *runway* adalah pesawat yang akan datang dengan bebas kesalahan.

Diketahui :

$$\delta_{ij} = 5 \text{ nm}$$

$$\gamma = 4,4 \text{ nm}$$

$$VA = 131 \text{ Knot (ATR 72-600)}$$

$$VB = 135 \text{ Knot (A320-200)}$$

$$VC = 142 \text{ Knot (B737-800)}$$

$$VD = 144 \text{ Knot (B737-900)}$$

- Keadaan Merapat (*The Closing Case*) ($V_i \leq V_j$)

$$\Delta T_{ij} = \frac{\delta_{ij}}{V_j}$$

$$\text{Untuk } VD_{(i)} = 141 \text{ Knot dan } VB_{(j)} = 135 \text{ Knot}$$

$$\Delta T_{DB} = \frac{5}{135} \times 3600_{(detik)} = 133,333 \text{ detik}$$

$$\text{Untuk } VB_{(i)} = 135 \text{ Knot dan } VA_{(j)} = 131 \text{ Knot}$$

$$\Delta T_{BA} = \frac{5}{131} \times 3600_{(detik)} = 137,405 \text{ detik}$$

$$\text{Untuk } VA_{(i)} = 131 \text{ Knot dan } VD_{(j)} = 144 \text{ Knot}$$

$$\Delta T_{BD} = \frac{5}{144} \times 3600_{(detik)} = 125 \text{ detik}$$

- Keadaan Meregang (*The Opening Case*) ($V_i \geq V_j$)

$$\text{Untuk } VD_{(i)} = 141 \text{ Knot dan } VB_{(j)} = 135 \text{ Knot}$$

$$T_{ij} = \frac{\delta_{ij}}{V_j} + \gamma \left(\frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right)$$

$$T_{DB} = \frac{5}{135} \times 3600 + 4,4 \left(\frac{1}{135} - \frac{1}{144} \right) \times 3600$$

$$T_{DB} = 140,667 \text{ detik}$$

$$\text{Untuk } VB_{(i)} = 135 \text{ Knot dan } VA_{(j)} = 131 \text{ Knot}$$

$$T_{BA} = \frac{5}{131} \times 3600 + 4,4 \left(\frac{1}{131} - \frac{1}{135} \right) \times 3600$$

$$T_{BA} = 140,987 \text{ detik}$$

Untuk $VA_{(i)} = 131$ Knot dan $VD_{(j)} = 144$ Knot

$$T_{AD} = \frac{5}{144} \times 3600 + 4,4 \left(\frac{1}{144} - \frac{1}{131} \right) \times 3600$$

$$T_{AD} = 114,084 \text{ detik}$$

- Keadaan Sama Besar ($V_i = V_j$)

$$\Delta T_{ij} = \frac{\delta_{ij}}{V_j}$$

Untuk $VA_{(i)} = 131$ Knot dan $VA_{(j)} = 131$ Knot

$$\Delta T_{AA} = \frac{2,7}{131} \times 3600_{(detik)} = 137,405 \text{ detik}$$

Untuk $VB_{(i)} = 135$ Knot dan $VB_{(j)} = 135$ Knot

$$\Delta T_{BB} = \frac{2,7}{135} \times 3600_{(detik)} = 133,333 \text{ detik}$$

Untuk $VC_{(i)} = 142$ Knot dan $VC_{(j)} = 142$ Knot

$$\Delta T_{CC} = \frac{2,7}{142} \times 3600_{(detik)} = 126,761 \text{ detik}$$

Untuk $VD_{(i)} = 144$ Knot dan $VC_{(j)} = 144$ Knot

$$\Delta T_{DD} = \frac{2,7}{144} \times 3600_{(detik)} = 125 \text{ detik}$$

Apabila sudah didapatkan hasil dari Keadaan Merapat, Keadaan Meregang, dan Keadaan sama besar dari keadaan Bebas Kesalahan (*Error Free Case*), maka akan dihasilkan sebagai Matriks bebas kelasahan $[M_{ij}]$ seperti tabel 4.11

Tabel 4. 11 Matriks Bebas Kesalahan $[M_{ij}]$

		Leading (i)			
		A (131)	B (135)	C (142)	D (144)
Trailing (j)	A (131)	137,4046	137,4046	0	0
	B (135)	0	133,3333	0	133,3333
	C (142)	0	0	126,7606	0
	D (144)	114,084	0	0	125

Untuk Matriks Presentase Kombinasi $[P_{ij}]$ pada operasi kedatangan saja, dapat dilihat pada matriks seperti pada tabel 4.12

Tabel 4. 12 Matriks Presentase Kombinasi $[P_{ij}]$

		Leading (i)			
		A (131)	B (135)	C (142)	D (144)
Trailing (j)	A (131)	0	0,2	0	0
	B (135)	0	0,4	0	0,2
	C (142)	0	0	0	0
	D (144)	0,2	0	0	0

Setelah mendapat Matriks bebas kesalahan $[M_{ij}]$ dan Matriks Presentase Kombinasi $[P_{ij}]$, selanjutnya adalah perhitungan nilai pada waktu layanan E $[\Delta T_{ij}]$.

$$E [\Delta T_{ij}] = \sum [P_{ij}] [M_{ij}]$$

Tabel 4. 13 Matriks Nilai Waktu Pelayanan E $[\Delta T_{ij}]$.

		Leading (i)			
		A (131)	B (135)	C (142)	D (144)
Trailing (j)	A (131)	0	27,48092	0	0
	B (135)	0	53,33333	0	26,66667
	C (142)	0	0	0	0
	D (144)	22,81679	0	0	0

$$E [\Delta T_{ij}] = 130,298 \text{ detik}$$

Maka, kapasitas *runway* untuk keadaan bebas kesalahan yang melayani kedatangan saja sebesar :

$$C = \frac{1}{E[T_{ij}]}$$

$$C = \frac{1}{130,298} = 27,629 = 27 \text{ operasi/jam}$$

b. Keadaan Kesalahan Posisi

Mengacu pada Horonjeff (2011) Dengan anggapan bahwa ada kesalahan posisi (σ_0) pada jadwal penerbangan sebesar 20 detik, yang didistribusikan secara normal dan probabilitas separasi minimum pesawat untuk operasi kedatangan yang diperbolehkan adalah 10%. Maka, kapasitas *runway* dapat dihitung dengan nilai q_v yang dapat dicari dari tabel statistik adalah 1,65.

- Keadaan Merapat (*The Closing Case*) ($V_i \leq V_j$)

Perhitungan untuk keadaan rapat ini menggunakan persamaan 3.6, sehingga dihasilkan perhitungan sebagai berikut :

$$B_{ij} = q_v \times \sigma_0$$

$$B_{ij} = 1,65 \times 20 \text{ detik}$$

$$B_{ij} = 33 \text{ detik}$$

- Keadaan Meregang (*The Opening Case*) ($V_i \geq V_j$)

Diketahui :

$$\delta_{ij} = 5 \text{ nm}$$

$$\gamma = 4,4 \text{ nm}$$

$$VA = 131 \text{ Knot (ATR 72-600)}$$

$$VB = 135 \text{ Knot (A320-200)}$$

$$VC = 142 \text{ Knot (B737-800)}$$

$$VD = 144 \text{ Knot (B737-900)}$$

$$B_{ij} = \sigma_0 q_v - \delta_{ij} \left(\frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right)$$

Untuk $VB_{(i)} = 141$ Knot dan $VB_{(j)} = 135$ Knot

$$B_{DB} = 20 \times 1,65 - 5 \left(\frac{1}{135} - \frac{1}{144} \right)$$

$$B_{DB} = 32,867 \text{ detik}$$

Untuk $VB_{(i)} = 135$ Knot dan $VA_{(j)} = 131$ Knot

$$B_{BA} = 20 \times 1,65 - 5 \left(\frac{1}{131} - \frac{1}{135} \right)$$

$$B_{DB} = 32,864 \text{ detik}$$

Untuk $VA_{(i)} = 131$ Knot dan $VD_{(j)} = 144$ Knot

$$B_{BA} = 20 \times 1,65 - 5 \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{131} \right)$$

$$B_{DB} = 32,88 \text{ detik}$$

- Keadaan Sama Besar ($V_i = V_j$)

Pada kondisi ini, perhitungan menggunakan persamaan 3.6, dan didapatkan hasil yang sama yakni 33 detik.

$$T_{AA} = 33 \text{ Detik}$$

$$T_{BB} = 33 \text{ Detik}$$

$$T_{CC} = 33 \text{ Detik}$$

$$T_{DD} = 33 \text{ Detik}$$

Apabila sudah didapatkan hasil dari Keadaan Merapat, Keadaan Meregang, dan Keadaan sama besar dari keadaan Kesalahan Posisi maka akan dihasilkan sebagai Matriks Nilai Sanggah $[B_{ij}]$ seperti tabel 4.14

Tabel 4. 14 Matriks Nilai Sanggah $[B_{ij}]$

		Leading (i)			
		A (131)	B (135)	C (142)	D (144)
Trailing (j)	A (131)	33	33	33	33
	B (135)	0	33	33	33
	C (142)	0	0	33	33
	D (144)	32,88	0	0	33

Dengan menggabungkan Matriks Bebas Kesalahan $[M_{ij}]$ dan Matriks Bebas Kesalahan $[B_{ij}]$, maka dihasilkan jarak waktu antar kedatangan sebenarnya di ambang *runway*, Maka Matriks $[M_{ij}] + [B_{ij}]$, dapat dilihat pada matriks seperti pada tabel 4.15

Tabel 4. 15 Matriks $[M_{ij}] + [B_{ij}]$

		Leading (i)			
		A (131)	B (135)	C (142)	D (144)
Trailing (j)	A (131)	170,4046	170,4046	33	33
	B (135)	0	166,3333	33	166,3333
	C (142)	0	0	159,7606	33
	D (144)	146,9648	0	0	158

Setelah mendapat Matriks $[M_{ij}] + [B_{ij}]$ dan Matriks Presentase Kombinasi $[P_{ij}]$, selanjutnya adalah penggabungan dengan prosentase campuran pesawat $[P_{ij}]$, maka waktu antar kedatangan rata-rata adalah

$$E [\Delta T_{ij}] = \sum [P_{ij}] ([M_{ij}] + [B_{ij}])$$

Tabel 4. 16 Matriks Nilai Waktu Pelayanan $E [\Delta T_{ij}]$.

		Leading (i)			
		A (131)	B (135)	C (142)	D (144)
Trailing (j)	A (131)	0	34,08092	0	0
	B (135)	0	66,53333	0	33,26667
	C (142)	0	0	0	0
	D (144)	29,39296	0	0	0

$$E [\Delta T_{ij}] = 163,274 \text{ detik}$$

Maka, kapasitas *runway* untuk keadaan kesalahan posisi yang melayani kedatangan saja sebesar :

$$C = \frac{1}{E [T_{ij}]}$$

$$C = \frac{1}{163,274} = 22,048 = 22 \text{ operasi/jam}$$

2. Kondisi Keberangkatan Saja (*Departures Only*)
 Dari ICAO (2001) pada Doc. 4444 *Procedure for Air Navigation Service Air Traffic Management Chapter 5, Section 5.6 "Minimum Separation Between Departing Aircraft"* diketahui waktu pemisahan antara keberangkatan pesawat (t_d) adalah 1 menit saat keadaan merapat, atau 2 menit saat kecepatan pesawat didepan lebih besar dari kecepatan pesawat dibelakang (keadaan meregang). Jarak pisah minimum antar keberangkatan dapat dilihat pada tabel

Tabel 4. 17 Jarak Pisah Minimum Antar Keberangkatan [t_d]

		Leading (i)	
		(VC) 142	(VD) 144
Trailing (j)	(VC) 142	60	60
	(VD) 144	120	60

Berikut merupakan jadwal keberangkatan pesawat di bandara SSK-II pada jam sibuk tahun 2019 yang akan disajikan pada tabel 4.18

Tabel 4. 18 Keberangkatan pesawat pada jam sibuk tahun 2019

DEPARTURE ONLY					
Flight	Time	To	Type	Approach	V. Type
GA 175	11.05	CGK	B738	142	V C
JT 236	11.40	BTH	B739	144	V D
JT 391	11.55	CGK	B739	144	V D

Tabel 4. 19 Probabilitas pada Operasi Keberangkatan Saja dari Kecepatan Approach

Leading	Trailing	Frekuensi	Probabilitas
131	131	0	0
131	135	0	0
131	142	0	0
131	144	0	0
135	131	0	0
135	135	0	0
135	142	0	0
135	144	0	0
142	131	0	0
142	135	0	0
142	142	0	0
142	144	1	0,5
144	131	0	0
144	135	0	0
144	142	0	0
144	144	1	0,5
Sum		2	1

Untuk prosentase kombinasi $[P_{ij}]$ yang terjadi untuk operasi keberangkatan, data didapatkan dari tabel 4.20. Matriks prosentase kombinasi untuk keberangkatan saja dapat dilihat dalam matriks berikut ini :

Tabel 4. 20 Matriks $[P_{ij}]$ untuk operasi keberangkatan saja

		Leading (i)	
		(VC) 142	(VD) 144
Trailing (j)	(VC) 142	0	0
	(VD) 144	0,5	0,5

Setelah mengetahui jarak pisah minimum antar operasi keberangkatan $[t_d]$, dan mengetahui matriks prosentase keberangkatan saja $[P_{ij}]$, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai pada waktu pelayanan $E[t_d]$ dengan persamaan berikut ini $E[t_d] = \sum [P_{ij}] [t_d]$, yang disajikan pada tabel berikut :

Tabel 4. 21 Matriks Nilai waktu pelayanan untuk keberangkatan saja

		Leading (i)	
		(VC) 142	(VD) 144
Trailing (j)	(VC) 142	0	0
	(VD) 144	60	30

$$E[t_d] = 90 \text{ Detik}$$

Maka, kapasitas *runway* untuk operasi keberangkatan saja sebesar :

$$C = \frac{1}{E [Td]}$$

$$C = \frac{1}{90} \times 3600 = 40 \text{ operasi/jam}$$

3. Kondisi Campuran (*Mix Operations*)

Langkah terakhir dalam perhitungan kapasitas *runway* adalah menentukan kemungkinan dilakukannya operasi keberangkatan (*departures*) diantara dua kedatangan (*arrivals*). Dalam penggunaan *runway*, harus mengutamakan pesawat yang akan mendarat. Berikut ini merupakan jenis pesawat yang beroperasi kedatangan & keberangkatan pada hari sibuk tahun 2019 yang akan disajikan pada tabel 4.22.

Tabel 4. 22 Komposisi Pesawat pada hari sibuk

Sunday (27-Oct-2019)		
Jenis Pesawat	Departure	Arrival
ATR 72-600	7	7
Boeing 737-800	5	6
Boeing 737-900	13	12
Airbus 320-200	18	19
Total	43	44

Berikut ini merupakan tabel spesifikasi pesawat beserta probabilitas per pesawat yang beroperasi untuk melakukan operasi kedatangan dan keberangkatan pada hari sibuk yang akan disajikan pada tabel 4.23

Tabel 4. 23 Spesifikasi dan Probabilitas Pesawat di hari sibuk tahun 2019

Tipe Pesawat	ROT (dt)	Approach Speed (Knot)	Probabilitas
ATR 72	55	131	0,161
A 320 - 200	65	135	0,425
B737 - 800	65	142	0,126
B737 - 900	65	144	0,287

Waktu pemakaian *runway* rata-rata $E[R_i]$, merupakan jumlah perkalian dari presentase kategori pesawat dengan waktu pemakaian runway (ROT) untuk tiap katagori pesawat, data yang didapatkan berasal dari tabel 4.23, maka :

$$E[R_i] = \text{ROT} \times \text{Probabilitas}$$

$$E[R_i] = 55 (0,161) + 65 (0,425) + 65 (0,126) + 65 (0,287)$$

$$E[R_i] = 8,855 + 27,625 + 8,19 + 18,655$$

$$E[R_i] = 63,39 \text{ detik}$$

Selanjutnya, adalah mencari waktu yang diharapkan pesawat yang datang untuk menempuh jarak sepanjang separasi pesawat (δ) = 5 nm sebelum masuk ke *runway*, dengan persamaan 3.15

Diketahui :

$$\delta_{ij} = 5 \text{ nm}$$

$$V_A = 131 \text{ Knot (ATR 72-600)}$$

$$V_B = 135 \text{ Knot (A320-200)}$$

$$V_C = 142 \text{ Knot (B737-800)}$$

$$V_D = 144 \text{ Knot (B737-900)}$$

$$E \left[\frac{\delta}{v_j} \right] = \left([P_1] \left[\frac{\delta d}{v_1} \right] + \dots + [P_n] \left[\frac{\delta d}{v_n} \right] \right)$$

$$E \left[\frac{\delta}{v_j} \right] = \left([0,161] \left[\frac{5}{131} \right] + [0,425] \left[\frac{5}{135} \right] + [0,126] \left[\frac{5}{142} \right] + [0,287] \left[\frac{5}{144} \right] \right) \times 3600$$

$$E \left[\frac{\delta}{v_j} \right] = 130,763 \text{ detik}$$

$$E [t_d] = 90 \text{ detik}$$

$$E [B_{ij}] = 33 \text{ detik}$$

Sehingga, untuk menghitung kemungkinan suatu operasi keberangkatan (*departures*) yang dapat dilakukan diantara dua operasi kedatangan (*arrivals*) menggunakan persamaan 3.13.

$$E [T_{ij}] \geq E [R_i] + E \left[\frac{\delta}{v_j} \right] + E [B_{ij}] + E [t_d] (n_d - 1)$$

$$E [T_{ij}] \geq 63,39 + 130,763 + 33 + 90 (n_d - 1)$$

$$E [T_{ij}] \geq 227,154 + 90 (n_d - 1) \text{ detik}$$

Untuk satu keberangkatan diantara dua kedatangan, akan didapatkan waktu antar kedatangan sebesar 227,154 detik. Untuk dua keberangkatan diantara dua kedatangan, akan didapatkan waktu antar kedatangan sebesar 317,154 detik. Oleh karena itu, jika waktu antar keberangkatan dapat dilakukan disembarang waktu jika waktu antar kedatangan sebesar 227,154 detik dan 317,154 detik. Dua kali keberangkatan dapat dilakukan di sembarang waktu jika waktu antar kedatangan sebesar 317,154 detik dan 407,154 detik, dan seterusnya.

Dari matriks antar waktu kedatangan dapat diketahui bahwa kemungkinan satu operasi keberangkatan dapat dilakukan diantara dua kedatangan terjadi sebesar

67% (P_{nd}), dan tidak bisa dilakukan keberangkatan lebih dari satu kali diantara kedatangan. kapasitas *runway* menurut kondisi operasi tersebut dapat dihitung dengan persamaan 3.16

$$C = \frac{3600}{E[\Delta T_{ij}]} (1 + n_d P_{nd})$$

$$C = \frac{3600}{227,154} (1 + 1 \times 67\%)$$

$$C = 26,413 = 26 \text{ operasi/jam}$$

Karena nilai waktu antar kedatangan yang ada pada matriks $[M_{ij}]$ paling tidak sebesar 227,154 detik, maka nilai yang lebih kecil dari 225,154 detik akan diganti agar satu keberangkatan dapat dilakukan diantara dua kedatangan.

Tabel 4. 24 Matriks $[M_{ij}]$ untuk operasi campuran tahun 2019

		Leading (i)			
		A (131)	B (135)	C (142)	D (144)
Trailing (j)	A (131)	227,1536	227,1536	227,1536	227,1536
	B (135)	227,1536	227,1536	227,1536	227,1536
	C (142)	227,1536	227,1536	227,1536	227,1536
	D (144)	227,1536	227,1536	227,1536	227,1536

Tabel 4. 25 Matriks $[P_{ij}]$ untuk kedatangan

		Leading (i)			
		A (131)	B (135)	C (142)	D (144)
Trailing (j)	A (131)	0	0,2	0	0
	B (135)	0	0,4	0	0,2
	C (142)	0	0	0	0
	D (144)	0,2	0	0	0

$$E[T_{ij}] = [M_{ij}] \cdot [P_{ij}]$$

Tabel 4. 26 Matriks $E[T_{ij}]$ untuk operasi campuran

		Leading (i)			
		A (131)	B (135)	C (142)	D (144)
Trailing (j)	A (131)	0	45,43072	0	0
	B (135)	0	90,86144	0	45,43072
	C (142)	0	0	0	0
	D (144)	45,43072	0	0	0

$$\sum E[T_{ij}] = 227,154 \text{ detik}$$

Maka, kapasitas *runway* untuk operasi campuran untuk tahun 2019 adalah sebesar

$$C = \frac{1}{E[T_{ij}]}$$

$$C = \frac{1}{227,154} \times 3600 = 15 \text{ operasi/jam}$$

Hasil Perhitungan Kapasitas *Runway* eksisting, adalah akan disajikan dalam tabel 4.27 berikut :

Tabel 4. 27 Hasil Kapasitas *Runway* Metode Matematis Tahun 2019

Arrival	Keadaan Bebas Kesalahan	=	27 Operasi / Jam
Only	Keadaan Kesalahan Posisi	=	22 Operasi / Jam
Departure Only		=	40 Operasi / Jam
Mix Operation		=	15 Operasi / Jam

Dikarenakan pada kondisi eksisting bandara SSK-II, *runway* mengalami operasi kedatangan dan keberangkatan, maka kesimpulan yang dapat diambil hanya pada *mix operation*, sehingga Kesimpulan dari perhitungan pergerakan pesawat dan kapasitas *runway* dengan metode matematis tahun 2019 bandara SSK-II adalah pada tahun 2019, adalah kapasitas *runway* eksisting masih mampu

untuk menangani pergerakan yang terjadi pada tahun 2019, dikarenakan pergerakan maksimum tahun 2019 adalah 9 Operasi/Jam, dan hasil dari perhitungan matematis kapasitas *runway* eksisting, *runway* masih sanggup melayani pergerakan maksimum di tahun 2019, sehingga belum diperlukan perencanaan ulang fasilitas sisi udara untuk meningkatkan kapasitas *runway*.

4.2.3. Perhitungan Kapasitas *Runway* eksisting menggunakan metode FAA

Perhitungan kapasitas *runway* eksisting menggunakan metode FAA AC: 150/5060-5 “*Airport Capacity and Delay*”, dan berikut merupakan data – data yang harus dilengkapi :

1. Campuran Pesawat yang beroperasi (*Mix Index*)

Yang pertama adalah untuk menggolongkan jenis pesawat (C & D) sesuai dengan penggolongan pesawat berdasarkan FAA AC: 150/5060-5 berdasarkan tabel 3.3

Tabel 4. 28 Penggolongan Pesawat pada hari sibuk tahun 2019

Jenis Pesawat	Arrival	Departure	Total	MTOW (kg)	Kelas Pesawat (FAA)
ATR 72-600	7	7	14	22000	C
Boeing 737-800	6	5	11	79333	C
Boeing 737-900	12	13	25	85366	C
Airbus 320-200	19	18	37	78000	C

$$\% C = \frac{14+11+25+37}{87} = 100\%$$

$$\% D = \frac{0}{87} = 0\%$$

$$C + 3D = 100\% + 3 (0\%)$$

$$C + 3D = 100\%$$

2. Persentasi Kedatangan

Persentasi kedatangan didapatkan dari persamaan 3.18.

$$\% \text{ Kedatangan} = \frac{\text{Jumlah Kedatangan Pesawat}}{\text{Total Pergerakan Pesawat}}$$

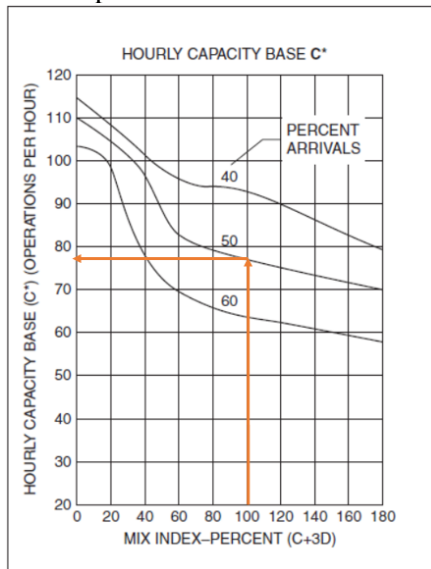
$$\% \text{ Kedatangan} = \frac{7 + 6 + 12 + 19}{87}$$

$$\% \text{ Kedatangan} = \frac{44}{87} = 50,575 \%$$

3. Kapasitas Dasar (C*)

3.1. C* untuk VFR dengan menggunakan tabel 3.4

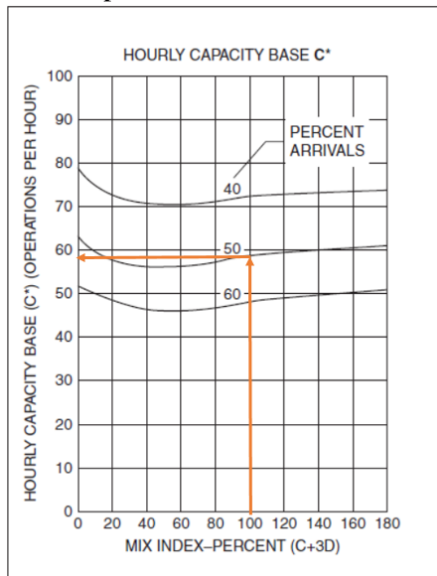
Tabel 4. 29 Kapasitas Dasar untuk VFR tahun 2019



Dari tabel grafik diatas, didapatkan kapasitas dasar (C*) untuk VFR adalah sebesar 78 operasi / jam

3.2. C^* untuk IFR dengan menggunakan tabel 3.5

Tabel 4. 30 Kapasitas Dasar untuk IFR tahun 2019



Dari tabel grafik diatas, didapatkan kapasitas dasar (C^*) untuk IFR adalah sebesar 58 operasi / jam

4. Persentase *Touch and Go*

4.1. Persentase *Touch and Go* untuk kondisi VFR

Persentase *Touch and Go* didapat dari tabel 3.6

Tabel 4. 31 Tabel Touch and Go untuk kondisi VFR

Percent Touch & Go	Mix Index Percent (C + 3D)	Touch & Go Factor (T)
0	0 to 180	1
1 to 10	0 to 70	1,03
11 to 20	0 to 70	1,06
21 to 30	0 to 40	1,13
31 to 40	0 to 10	1,26
41 to 50	0 to 10	1,33

Diketahui dari perhitungan sebelumnya

Mix Index Percent (C+3D) = 100%

Untuk VFR, Touch and Go Factor = 1

4.2. Persentase *Touch and Go* untuk kondisi IFR

Untuk persentase *Touch and Go* factor untuk kondisi IFR = 1

5. Konfigurasi *Exit Taxiway*

Bandar udara SSK-II memiliki satu *runway* yang panjangnya 2600m dan lebar 45 m yang dihubungkan dengan 2 exit taxiway yang langsung menuju apron, dengan ilustrasi sebagai berikut :



Gambar 4. 2 Ilustrasi Runway dan Exit Taxiway Bandara SSK-II

Sumber :

<https://dlca.logcluster.org/display/public/DLCA/2.2.4+++++Indonesia+Riau+Sultan+Syarif+Kasim+II+International+Airport+Pe+kanbaru>

berikut jarak *exit taxiway* dari ujung *runway* 36 dan 18 untuk jarak *exit taxiway* yang akan disajikan dalam tabel 4.32

Tabel 4. 32 Jarak Runway Ke Exit Taxiway

Jarak dari Runway ke Exit Taxiway			
		Nomor Runway	
		18	36
Exit Taxiway	N1	513 m	2088 m
	N2	787 m	1808 m

Karena jarak *exit taxiway* dari *runway threshold* berbeda, maka dilakukan perhitungan *exit factor* yang berbeda ditinjau dari kedua arah *runway* tersebut. Berdasarkan tabel 3.7 untuk kondisi VFR dan tabel 3.8 untuk kondisi IFR, untuk *mix index* 81 ke 120, *exit taxiway* yang diperhitungkan hanya yang memiliki jarak 5000 ft (1524 m) sampai dengan 7000 ft (2134 m) dari *runway threshold*, maka dari itu jika ditinjau dari arah *runway* 36, maka terdapat 2 *exit taxiway* yang berada pada 1524 m – 2134 m, maka $N = 2$

5.1. Konfigurasi *Exit Taxiway* untuk kondisi VFR

Berdasarkan tabel 3.7, untuk Mix Index Percent (C+3D) 81 ke 120, Jarak *Exit from threshold* 5000ft ke 7000ft, memiliki 50% Persentase Kedatangan, dan $N = 2$. Maka, *Exit Factor* (E) = 0,92

5.2. Konfigurasi *Exit Taxiway* untuk kondisi IFR

Berdasarkan tabel 3.8, untuk Mix Index Percent (C+3D) 81 ke 120, Jarak *Exit from threshold* 5000ft ke 7000ft, memiliki 50% Persentase Kedatangan, dan $N = 2$. Maka, *Exit Factor* (E) = 1,00

6. Kapasitas *Runway*

Setelah mendapatkan data – data yang diperlukan untuk menghitung kapasitas *runway*, maka untuk perhitungan kapasitas *runway* untuk kondisi VFR & IFR menggunakan persamaan 3.19

$$C = C^* \times E \times T$$

6.1. Kapasitas *Runway* untuk kondisi VFR

Diketahui :

$$C^* = 78 \text{ operasi / jam}$$

$$E = 0,92$$

$$T = 1$$

Maka, perhitungan kapasitas *runway* untuk kondisi VFR :

$$C = C^* \times E \times T$$

$$C = 78 \text{ operasi / jam} \times 0,92 \times 1$$

$$C = 71,76 = 72 \text{ operasi / jam}$$

6.2. Kapasitas *Runway* untuk kondisi IFR

Diketahui :

$$C^* = 58 \text{ operasi / jam}$$

$$E = 1$$

$$T = 1$$

Maka, perhitungan kapasitas *runway* untuk kondisi VFR :

$$C = C^* \times E \times T$$

$$C = 58 \text{ operasi / jam} \times 1 \times 1$$

$$C = 58 \text{ operasi / jam}$$

Tabel 4. 33 Kesimpulan Perhitungan Kapasitas Runway eksisting

Kesimpulan Perhitungan Kapasitas Runway 2019				Check
Peak Hour 2019		=	9 Operasi / Jam	-
Tahun 2019 Perhitungan Metode Matematis				-
Arrival Only	Keadaan Bebas Kesalahan	=	27 Operasi / Jam	OK
	Keadaan Kesalahan Posisi	=	22 Operasi / Jam	OK
Departure Only		=	40 Operasi / Jam	OK
Mix Operation		=	15 Operasi / Jam	OK
Tahun 2019 Perhitungan Metode FAA				-
IFR		=	76 Operasi / Jam	OK
VFR		=	58 Operasi / Jam	OK

Kesimpulan dari perhitungan kapasitas *runway* untuk tahun 2019, dari perhitungan metode matematis dan metode FAA, untuk semua operasi masih kapasitas *runway* masih mencukupi untuk menangani kebutuhan *runway* untuk keadaan jam sibuk pada 2019, sehingga belum dibutuhkan perubahan fasilitas sisi udara. Dikarenakan metode FAA merupakan metode yang tidak mempertimbangkan standar separasi, maka hasil yang di dapatkan akan jauh lebih besar dibandingkan dengan metode matematis, sehingga perhitungan metode FAA bukanlah sebagai acuan untuk menentukan kapasitas *runway* yang tepat.

4.3. Pergerakan Pesawat dan Kapasitas *Runway* rencana

Pada tugas akhir kali ini, akan menganalisis kapasitas *runway* rencana dikarenakan perubahan hierarki kebandarudaraan pada tahun 2030 di bandara SSK-II, maka dari itu dibutuhkan beberapa tahapan untuk menghitung kapasitas *runway* di tahun 2030, yakni:

4.3.1. Peramalan Lalu Lintas Udara tahun 2030

Peramalan atau (*forecasting*) akan dilakukan untuk menganalisis jumlah pergerakan pesawat di tahun 2030 dengan data tahun sebelumnya. Data yang dibandingkan adalah data

annual / pertahun perlu dilakukan analisis regresi linier untuk mengetahui jumlah pergerakan pesawat di tahun 2030.

Dari data pergerakan pesawat yang didapat dari tahun 2011 – 2016, maka perlu diramalkan pergerakan pesawat pada tahun 2030 untuk merencanakan sisi udara bandara SSK-II agar sesuai dengan kebutuhan di tahun 2030. Peramalan pergerakan pesawat pada bandara SSK-II diperhitungkan dengan menggunakan data pergerakan pesawat pada tahun 2011 – 2016 yang didapat dari tabel 4.1. tahun 2011 – 2016 yang didapat dari tabel 4.1. Dari data pergerakan pesawat tahun 2011 – 2016, akan dimasukkan dalam persamaan regresi linier ($y = a + b \cdot x$), sehingga dicari nilai pengubah (y) terlebih dahulu dan dibandingkan nilai koefisien determinasinya (R^2) menggunakan *software Microsoft Excel*.

Tabel 4. 34 Perhitungan Pergerakan Pesawat dengan Metode Regresi Linier

Tahun	Tahun-ke (xi)	Jumlah Pesawat (yi)	(xi) . (yi)	xi ²	(yi – y) ²
2011	1	23460	23460	1	40699296,16
2012	2	25244	50488	4	21119539,36
2013	3	30022	90066	9	33269,76
2014	4	25439	101756	16	19365280,36
2015	5	19268	96340	25	111758726,6
2016	6	25765	154590	36	16602365,16
Jumlah	21	149198	516700	91	209578477,4

$$X = \frac{\sum xi}{n} = \frac{21}{6} = 3,5$$

$$Y = \frac{\sum yi}{n} = \frac{149.198}{6} = 28.839,6$$

$$b = \frac{n(\sum xi.yi) - \sum xi.\sum yi}{n.\sum (xi^2) - (\sum xi)^2} = \frac{10(516.700) - (21)(149.198)}{10.(91) - (21)^2} = 7105$$

$$a = Y - b.X = 28.839,6 - 7,105 (3,5) = 4973$$

Jadi, didapat persamaan peralaman regresi linier pergerakan pesawat pada bandara SSK-II berdasarkan data tahun 2011 - 2016 adalah sebagai berikut:

$$y = a + b.x$$

$$y = 4973 + 7015.x$$

Dimana :

x = Tahun – Ke (Xi)

Tabel 4. 35 Hasil Peramalan Pergerakan Pesawat dengan Metode Regresi Linier

Tahun	Tahun-ke	Data Pesawat	Forecast	Jumlah Pesawat
2011	1	23460		23460
2012	2	25244		25244
2013	3	30022		30022
2014	4	25439		25439
2015	5	19268		19268
2016	6	25765		25765
2017	7		41916	41916
2018	8		46889	46889
2019	9		51862	51862
2020	10		56835	56835
2021	11		61808	61808
2022	12		66781	66781
2023	13		71754	71754
2024	14		76727	76727
2025	15		81700	81700
2026	16		86673	86673
2027	17		91646	91646
2028	18		96619	96619
2029	19		101592	101592
2030	20		106565	106565

Maka, dibuat juga hasil peramalan pergerakan penumpang dengan menggunakan grafik histogram yang ditunjukkan pada gambar 4.3



Gambar 4. 3 Grafik Histogram Peramalan Pergerakan Pesawat

Pada gambar 4.3, peramalan pergerakan pesawat dengan menggunakan persamaan regresi linier dengan hasil persamaan data yaitu $y = 4973 + 7015.x$ dengan koefisien determinasi sebesar $R^2 = 0.9666$

Pada tiap persamaan regresi linier yang sudah didapatkan, nilai koefisien determinasi menunjukkan tingkat korelasi antara data dengan peubah waktu, semakin nilai R^2 mendekati 1 (satu), maka ada korelasi positif dengan hasil *forecast* mendekati kebenaran. Dan variabel X pada persamaan merupakan tahun yang ingin diketahui nilainya.

4.3.2. Perencanaan Hari Sibuk dan Jam Sibuk tahun 2030

Maka, dari peramalan regresi linier tersebut didapatkan pada tahun 2030 terdapat 106.565 Pergerakan/Tahun, langkah selanjutnya adalah mencari jam puncak pada tahun 2030 dengan persamaan 3.20 – 3.23 yang didapatkan dari Ashford (2011)

Diketahui: *Annual Flight 2030* : 106.565 Pergerakan/Tahun

- Volume Bulanan Rata-Rata (*Average Monthly*)

$$\text{Average Monthly} = 0,08417 \times \text{Annual Movement}$$

$$\text{Average Monthly} = 0,08417 \times 106.565$$

$$\text{Average Monthly} = 8.970$$

- Volume Harian Rata-Rata (*Average Day*)

$$\text{Average Day} = 0,03226 \times \text{Monthly Maximum Volume}$$

$$\text{Average Day} = 0,03226 \times 8.970$$

$$\text{Average Day} = 290$$

- Volume Harian Maksimum (*Peak Day Movement*)

$$\text{Peak Day Movement} = 1,26 \times \text{Average Day}$$

$$\text{Peak Day Movement} = 1,26 \times 290$$

$$\text{Peak Day Movement} = 366$$

- Volume Jam Puncak (*Peak Hour*)

$$\text{Peak hour} = 0,0917 \times \text{Peak Daily Flow}$$

$$\text{Peak hour} = 0,0917 \times 366$$

$$\text{Peak hour} = 34$$

Maka, diketahui jam puncak pada 2030 terdapat 34 Pesawat / Jam.

Perencanaan Hari Puncak pada tahun 2030 di samakan dengan Hari Puncak tahun 2019, dengan komposisi pesawat yang dibagi berdasarkan presentase komposisi pesawat untuk berangkat dan datang, dan jumlah total berangkat dan datang sama dengan perhitungan *Peak Day Movement*, yakni 366 Penerbangan. Berikut pada tabel 4.36 merupakan peramalan jumlah pesawat yang melakukan operasi keberangkatan dan kedatangan pada tahun 2030

Tabel 4. 36 Peramalan Komposisi Pesawat Tahun 2030

Tahun	Keterangan	Jumlah	Persentase
2019	Keberangkatan	43	49,425%
	Kedatangan	44	50,575%
	Total	43	100,000%
2030	Keberangkatan	180	49,180%
	Kedatangan	186	50,820%
	Total	366	100,000%

Setelah mendapatkan komposisi pesawat yang beroperasi, selanjutnya adalah mengetahui jenis pesawat yang beroperasi di tahun 2030, berdasarkan persentase pesawat pada tahun 2019, tabel 4.37 menyatakan jumlah jenis pesawat yang akan beroperasi di bandara SSK-II pada tahun 2030 di hari sibuk.

Tabel 4. 37 Jenis Pesawat pada hari sibuk tahun 2030

Jenis Pesawat	Keberangkatan	Persentase	Kedatangan	Persentase
ATR 72-600	30	16,667%	30	16,129%
Boeing 737-800	21	11,667%	26	13,978%
Boeing 737-900	54	30,000%	50	26,882%
Airbus 320-200	75	41,667%	80	43,011%
Total	180	100,000%	186	100,000%

Setelah mendapatkan jenis pesawat yang akan beroperasi di bandara SSK-II tahun 2030 di hari sibuk, maka akan dilanjutkan dengan mengetahui jenis pesawat yang akan beroperasi pada jam sibuk di tahun 2030, jam sibuk juga tetap menggunakan data pada tahun 2019, tabel 4.38 menyatakan jenis pesawat yang akan beroperasi di tahun 2030 pada jam sibuk.

Tabel 4. 38 Jenis Pesawat pada jam sibuk tahun 2030

Flight	Time	Type	Departure	Arrival
GA 175	11.05	B738	CGK	
GA 175	11.05	B738	CGK	
GA 175	11.05	B738	CGK	
GA 175	11.05	B738	CGK	
JT 390	11.25	B739		CGK
JT 390	11.25	B739		CGK
JT 390	11.25	B739		CGK
JT 390	11.25	B739		CGK
CTV 932	11.30	A320		BTH
CTV 932	11.30	A320		BTH
CTV 932	11.30	A320		BTH
CTV 932	11.30	A320		BTH
ID 6852	11.40	A320		CGK
ID 6852	11.40	A320		CGK
ID 6852	11.40	A320		CGK
ID 6852	11.40	A320		CGK
ID 6267	11.40	A320		CGK
ID 6267	11.40	A320		CGK
ID 6267	11.40	A320		CGK
ID 6267	11.40	A320		CGK
JT 236	11.40	B739	BTH	
JT 236	11.40	B739	BTH	
JT 236	11.40	B739	BTH	
JT 236	11.40	B739	BTH	
JT 391	11.55	B739	CGK	
JT 391	11.55	B739	CGK	
JT 391	11.55	B739	CGK	
JT 391	11.55	B739	CGK	
MXD 310	11.55	ATR 72		MKZ
MXD 310	11.55	ATR 72		MKZ
MXD 310	11.55	ATR 72		MKZ
MXD 310	11.55	ATR 72		MKZ
JT 140	11.55	B739		KNO
JT 140	11.55	B739		KNO
JT 140	11.55	B739		KNO
JT 140	11.55	B739		KNO

4.3.3. Perhitungan Kapasitas Runway Rencana menggunakan metode matematis

Perhitungan kapasitas *runway* rencana dilakukan dengan data yang diperoleh dari perhitungan sebelumnya

Tabel 4. 39 Komposisi pesawat yang beroperasi pada saat jam sibuk tahun 2030

Jenis Pesawat	Arrival	Departure	Total	Approach Speed (Knot)	ROT (Detik)	MTOW (kg)	Kelas Pesawat
ATR 72-600	0	4	4	131	55	22000	B
Airbus 320-200	0	12	12	135	65	78000	C
Boeing 737-800	4	0	4	142	65	79333	D
Boeing 737-900	8	8	16	144	65	78000	D

Tabel 4.39 Merupakan tabel komposisi pesawat yang beroperasi pada jam sibuk tahun 2030, beserta *approach speed*, ROT (*Runway Occupancy Time*), MTOW (*Maximum Take Off Weight*) dan Kelas Pesawatnya.

Untuk jalur pendekat (*approach*) (δ_{ij}), didapatkan data dari perhitungan kapasitas *runway* eksisting adalah 5nm. Dan untuk jalur pendekat (*Final Approach Path*) (γ) sebesar 4,4 nm.

1. Kondisi Kedatangan Saja (*Arrivals Only*)

Kondisi ini merupakan menganggap bahwa *runway* hanya menerima kedatangan pada jam sibuk. Pada tabel 4.40 merupakan komposisi pesawat yang datang ke bandara SSK-II pada jam sibuk.

Tabel 4. 40 Kedatangan pesawat pada jam sibuk tahun 2030

ARRIVAL ONLY					
Flight	Time	Origin	Type	Approach Speed (Knot)	V-Type
JT 390	11.25	CGK	B739	144	V D
JT 390	11.25	CGK	B739	144	V D
JT 390	11.25	CGK	B739	144	V D
JT 390	11.25	CGK	B739	144	V D
CTV 932	11.30	BTH	A320	135	V B
CTV 932	11.30	BTH	A320	135	V B
CTV 932	11.30	BTH	A320	135	V B
CTV 932	11.30	BTH	A320	135	V B
ID 6852	11.40	CGK	A320	135	V B
ID 6852	11.40	CGK	A320	135	V B
ID 6852	11.40	CGK	A320	135	V B
ID 6852	11.40	CGK	A320	135	V B
ID 6267	11.40	CGK	A320	135	V B
ID 6267	11.40	CGK	A320	135	V B
ID 6267	11.40	CGK	A320	135	V B
ID 6267	11.40	CGK	A320	135	V B
MXD 310	11.55	MKZ	ATR 72	131	V A
MXD 310	11.55	MKZ	ATR 72	131	V A
MXD 310	11.55	MKZ	ATR 72	131	V A
MXD 310	11.55	MKZ	ATR 72	131	V A
JT 140	11.55	KNO	B739	144	V D
JT 140	11.55	KNO	B739	144	V D
JT 140	11.55	KNO	B739	144	V D
JT 140	11.55	KNO	B739	144	V D

Tabel 4. 41 Probabilitas pada Operasi Kedatangan Saja dari Kecepatan Approach tahun 2030

ARRIVAL ONLY			
Approach Speed (Knot)		Frekuensi	Probabilitas
Leading (i)	Trailing (j)		
131	131	3	0,130434783
131	135	0	0
131	142	0	0
131	144	1	0,043478261
135	131	1	0,043478261
135	135	11	0,47826087
135	142	0	0
135	144	0	0
142	131	0	0
142	135	0	0
142	142	0	0
142	144	0	0
144	131	0	0
144	135	1	0,043478261
144	142	0	0
144	144	6	0,260869565
Total		23	1

- a. Keadaan Bebas Kesalahan (*Error Free Case*)
 Pesawat yang akan dilayani *runway* adalah pesawat yang akan datang dengan bebas kesalahan.

- Keadaan Merapat (*The Closing Case*) ($V_i \leq V_j$)

Diketahui :

$$\delta_{ij} = 5 \text{ nm}$$

$$\gamma = 4,4 \text{ nm}$$

$$V_A = 131 \text{ Knot (ATR 72-600)}$$

$$V_B = 135 \text{ Knot (A320-200)}$$

$$V_C = 142 \text{ Knot (B737-800)}$$

$$V_D = 144 \text{ Knot (B737-900)}$$

$$\Delta T_{ij} = \frac{\delta_{ij}}{v_j}$$

Untuk $VD_{(i)} = 141$ Knot dan $VB_{(j)} = 135$ Knot

$$\Delta T_{DB} = \frac{5}{135} \times 3600_{(detik)} = 133,333 \text{ detik}$$

Untuk $VB_{(i)} = 135$ Knot dan $VA_{(j)} = 131$ Knot

$$\Delta T_{BA} = \frac{5}{131} \times 3600_{(detik)} = 137,405 \text{ detik}$$

Untuk $VA_{(i)} = 131$ Knot dan $VD_{(j)} = 144$ Knot

$$\Delta T_{BD} = \frac{5}{144} \times 3600_{(detik)} = 125 \text{ detik}$$

- Keadaan Meregang (*The Opening Case*) ($V_i \geq V_j$)
Diketahui :

$$T_{ij} = \frac{\delta_{ij}}{V_j} + \gamma \left(\frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right)$$

Untuk $VD_{(i)} = 141$ Knot dan $VB_{(j)} = 135$ Knot

$$T_{DB} = \frac{5}{135} \times 3600 + 4,4 \left(\frac{1}{135} - \frac{1}{144} \right) \times 3600$$

$$T_{DB} = 140,667 \text{ detik}$$

Untuk $VB_{(i)} = 135$ Knot dan $VA_{(j)} = 131$ Knot

$$T_{BA} = \frac{5}{131} \times 3600 + 4,4 \left(\frac{1}{131} - \frac{1}{135} \right) \times 3600$$

$$T_{BA} = 140,987 \text{ detik}$$

Untuk $VA_{(i)} = 131$ Knot dan $VD_{(j)} = 144$ Knot

$$T_{AD} = \frac{5}{144} \times 3600 + 4,4 \left(\frac{1}{144} - \frac{1}{131} \right) \times 3600$$

$$T_{AD} = 114,084 \text{ detik}$$

- Keadaan Sama Besar ($V_i = V_j$)

$$\Delta T_{ij} = \frac{\delta_{ij}}{V_j}$$

Untuk $VA_{(i)} = 131$ Knot dan $VA_{(j)} = 131$ Knot

$$\Delta T_{AA} = \frac{2,7}{131} \times 3600_{(detik)} = 137,405 \text{ detik}$$

Untuk $VB_{(i)} = 135$ Knot dan $VB_{(j)} = 135$ Knot

$$\Delta T_{BB} = \frac{2,7}{135} \times 3600_{(detik)} = 133,333 \text{ detik}$$

Untuk $VC_{(i)} = 142$ Knot dan $VC_{(j)} = 142$ Knot

$$\Delta T_{CC} = \frac{2,7}{142} \times 3600_{(detik)} = 126,761 \text{ detik}$$

Untuk $VD_{(i)} = 144$ Knot dan $VC_{(j)} = 144$ Knot

$$\Delta T_{DD} = \frac{2,7}{144} \times 3600_{(detik)} = 125 \text{ detik}$$

Apabila sudah didapatkan hasil dari Keadaan Merapat, Keadaan Meregang, dan Keadaan sama besar dari keadaan Bebas Kesalahan (*Error Free Case*), maka akan dihasilkan sebagai Matriks bebas kelasahan $[M_{ij}]$ seperti tabel 4.42

Tabel 4. 42 Matriks Bebas Kesalahan $[M_{ij}]$

		Leading (i)			
		A (131)	B (135)	C (142)	D (144)
Trailing (j)	A (131)	137,4046	137,4046	0	0
	B (135)	0	133,3333	0	133,3333
	C (142)	0	0	126,7606	0
	D (144)	114,084	0	0	125

Untuk Matriks Presentase Kombinasi $[P_{ij}]$ pada operasi kedatangan saja, dapat dilihat pada matriks seperti pada tabel 4.43

Tabel 4. 43 Matriks Presentase Kombinasi $[P_{ij}]$

		Leading (i)			
		A (131)	B (135)	C (142)	D (144)
Trailing (j)	A (131)	0,130435	0,043478	0	0
	B (135)	0	0,478261	0	0,043478
	C (142)	0	0	0	0
	D (144)	0,043478	0	0	0,26087

Setelah mendapat Matriks bebas kesalahan $[M_{ij}]$ dan Matriks Presentase Kombinasi $[P_{ij}]$, selanjutnya adalah perhitungan nilai pada waktu layanan E $[\Delta T_{ij}]$.

$$E [\Delta T_{ij}] = \sum [P_{ij}] [M_{ij}]$$

Tabel 4. 44 Matriks Nilai Waktu Pelayanan E $[\Delta T_{ij}]$.

		Leading (i)			
		A (131)	B (135)	C (142)	D (144)
Trailing (j)	A (131)	17,92234	5,974112	0	0
	B (135)	0	63,76812	0	5,797101
	C (142)	0	0	0	0
	D (144)	4,960173	0	0	32,6087

$$E [\Delta T_{ij}] = 87,664 \text{ detik}$$

Maka, kapasitas *runway* untuk keadaan bebas kesalahan yang melayani kedatangan saja sebesar :

$$C = \frac{1}{E [T_{ij}]}$$

$$C = \frac{1}{87,664} = 41,065 = 41 \text{ operasi/jam}$$

c. Keadaan Kesalahan Posisi

Mengacu pada Horonjeff (2011) Dengan anggapan bahwa ada kesalahan posisi (σ_0) pada jadwal penerbangan sebesar 20 detik, yang didistribusikan

secara normal dan probabilitas separasi minimum pesawat untuk operasi kedatangan yang diperbolehkan adalah 10%. Maka, kapasitas *runway* dapat dihitung dengan nilai q_v yang dapat dicari dari tabel statistik adalah 1,65.

- Keadaan Merapat (*The Closing Case*) ($V_i \leq V_j$)

Perhitungan untuk keadaan rapat ini menggunakan persamaan 3.6, sehingga dihasilkan perhitungan sebagai berikut :

$$B_{ij} = q_v \times \sigma_0$$

$$B_{ij} = 1,65 \times 20 \text{ detik}$$

$$B_{ij} = 33 \text{ detik}$$

- Keadaan Meregang (*The Opening Case*) ($V_i \geq V_j$)

Diketahui :

$$\delta_{ij} = 5 \text{ nm}$$

$$\gamma = 4,4 \text{ nm}$$

$$V_A = 131 \text{ Knot (ATR 72-600)}$$

$$V_B = 135 \text{ Knot (A320-200)}$$

$$V_C = 142 \text{ Knot (B737-800)}$$

$$V_D = 144 \text{ Knot (B737-900)}$$

$$B_{ij} = \sigma_0 q_v - \delta_{ij} \left(\frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right)$$

Untuk $V_{D(i)} = 141 \text{ Knot}$ dan $V_{B(j)} = 135 \text{ Knot}$

$$B_{DB} = 20 \times 1,65 - 5 \left(\frac{1}{135} - \frac{1}{144} \right)$$

$$B_{DB} = 32,867 \text{ detik}$$

Untuk $V_{B(i)} = 135 \text{ Knot}$ dan $V_{A(j)} = 131 \text{ Knot}$

$$B_{BA} = 20 \times 1,65 - 5 \left(\frac{1}{131} - \frac{1}{135} \right)$$

$$B_{DB} = 32,864 \text{ detik}$$

Untuk $VA_{(i)} = 131$ Knot dan $VD_{(j)} = 144$ Knot

$$B_{BA} = 20 \times 1,65 - 5 \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{131} \right)$$

$$B_{DB} = 32,88 \text{ detik}$$

- Keadaan Sama Besar ($V_i = V_j$)

Pada kondisi ini, perhitungan menggunakan persamaan 3.6, dan didapatkan hasil yang sama yakni 33 detik.

$$T_{AA} = 33 \text{ Detik}$$

$$T_{BB} = 33 \text{ Detik}$$

$$T_{CC} = 33 \text{ Detik}$$

$$T_{DD} = 33 \text{ Detik}$$

Apabila sudah didapatkan hasil dari Keadaan Merapat, Keadaan Meregang, dan Keadaan sama besar dari keadaan Kesalahan Posisi maka akan dihasilkan sebagai Matriks Nilai Sanggah $[B_{ij}]$ seperti tabel 4.45

Tabel 4. 45 Matriks Nilai Sanggah $[B_{ij}]$

		Leading (i)			
		A (131)	B (135)	C (142)	D (144)
Trailing (j)	A (131)	33	33	33	33
	B (135)	0	33	33	33
	C (142)	0	0	33	33
	D (144)	32,88	0	0	33

Dengan menggabungkan Matriks Bebas Kesalahan $[M_{ij}]$ dan Matriks Bebas Kesalahan $[B_{ij}]$, maka dihasilkan jarak waktu antar kedatangan sebenarnya di ambang *runway*, Maka Matriks $[M_{ij}] + [B_{ij}]$, dapat dilihat pada matriks seperti pada tabel 4.46

Tabel 4. 46 Matriks $[M_{ij}] + [B_{ij}]$

		Leading (i)			
		A (131)	B (135)	C (142)	D (144)
Trailing (j)	A (131)	170,4046	170,4046	33	33
	B (135)	0	166,3333	33	166,3333
	C (142)	0	0	159,7606	33
	D (144)	146,9648	0	0	158

Setelah mendapat Matriks $[M_{ij}] + [B_{ij}]$ dan Matriks Presentase Kombinasi $[P_{ij}]$, selanjutnya adalah penggabungan dengan prosentase campuran pesawat $[P_{ij}]$, maka waktu antar kedatangan rata-rata adalah

$$E [\Delta T_{ij}] = \sum [P_{ij}] ([M_{ij}] + [B_{ij}])$$

Tabel 4. 47 Matriks Nilai Waktu Pelayanan $E [\Delta T_{ij}]$.

		Leading (i)			
		A (131)	B (135)	C (142)	D (144)
Trailing (j)	A (131)	22,22668	7,408895	0	0
	B (135)	0	79,55072	0	7,231884
	C (142)	0	0	0	0
	D (144)	6,389773	0	0	41,21739

$$E [\Delta T_{ij}] = 164,025 \text{ detik}$$

Maka, kapasitas *runway* untuk keadaan kesalahan posisi yang melayani kedatangan saja sebesar :

$$C = \frac{1}{E [T_{ij}]}$$

$$C = \frac{1}{164,025} = 21,947 = 22 \text{ operasi/jam}$$

2. Kondisi Keberangkatan Saja (*Departures Only*)
Dari ICAO (2001) pada Doc. 4444 *Procedure for Air Navigation Service Air Traffic Management Chapter 5*,

Section 5.6 “Minimum Separation Betweet Departing Aircraft” diketahui waktu pemisahan antara keberangkatan pesawat (t_d) adalah 1 menit saat keadaan merapat, atau 2 menit saat kecepatan pesawat didepan > kecepatan pesawat dibelakang (keadaan meregang). Jarak pisah minimum antar keberangkatan dapat dilihat pada tabel 4.48

Tabel 4. 48 Jarak Pisah Minimum Antar Keberangkatan [t_d]

		Leading (i)	
		(VC) 142	(VD) 144
Trailing (j)	(VC) 142	60	60
	(VD) 144	120	60

Berikut merupakan jadwal keberangkatan pesawat di bandara SSK-II pada jam sibuk tahun 2019 yang akan disajikan pada tabel 4.49

Tabel 4. 49 Keberangkatan pesawat pada jam sibuk tahun 2019

DEPARTURE ONLY					
Flight	Time	To	Type	Approach	V. Type
GA 175	11.05	CGK	B738	142	V C
GA 175	11.05	CGK	B738	142	V C
GA 175	11.05	CGK	B738	142	V C
GA 175	11.05	CGK	B738	142	V C
JT 236	11.40	BTH	B739	144	V D
JT 236	11.40	BTH	B739	144	V D
JT 236	11.40	BTH	B739	144	V D
JT 236	11.40	BTH	B739	144	V D
JT 391	11.55	CGK	B739	144	V D
JT 391	11.55	CGK	B739	144	V D
JT 391	11.55	CGK	B739	144	V D
JT 391	11.55	CGK	B739	144	V D

Tabel 4. 50 Probabilitas pada Operasi Keberangkatan Saja dari Kecepatan Approach

Leading	Trailing	Frekuensi	Probabilitas
131	131	0	0
131	135	0	0
131	142	0	0
131	144	0	0
135	131	0	0
135	135	0	0
135	142	0	0
135	144	0	0
142	131	0	0
142	135	0	0
142	142	3	0,27272727
142	144	1	0,09090909
144	131	0	0
144	135	0	0
144	142	0	0
144	144	7	0,63636364
Sum		11	1

Untuk prosentase kombinasi $[P_{ij}]$ yang terjadi untuk operasi keberangkatan, data didapatkan dari tabel 4.51. Matriks prosentase kombinasi untuk keberangkatan saja dapat dilihat dalam matriks berikut ini :

Tabel 4. 51 Matriks $[P_{ij}]$ untuk operasi keberangkatan saja

		Leading (i)	
		(VD) 144	(VC) 142
Trailing (j)	(VD) 144	0,636364	0,090909
	(VC) 142	0	0,272727

Setelah mengetahui jarak pisah minimum antar operasi keberangkatan $[t_d]$, dan mengetahui matriks prosentase keberangkatan saja $[P_{ij}]$, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai pada waktu pelayanan $E[t_d]$ dengan persamaan berikut ini $E[t_d] = \sum [P_{ij}] [t_d]$, yang disajikan pada tabel berikut :

Tabel 4. 52 Matriks Nilai waktu pelayanan untuk keberangkatan saja

		Leading (i)	
		(VD) 144	(VC) 142
Trailing (j)	(VD) 144	38,18182	5,454545
	(VC) 142	0	16,36364

$$E[t_d] = 60 \text{ Detik}$$

Maka, kapasitas *runway* untuk operasi keberangkatan saja sebesar :

$$C = \frac{1}{E [T_{ij}]}$$

$$C = \frac{1}{60} \times 3600 = 60 \text{ operasi/jam}$$

3. Kondisi Campuran (*Mix Operations*)

Langkah terakhir dalam perhitungan kapasitas *runway* adalah menentukan kemungkinan dilakukannya operasi keberangkatan (*departures*) diantara dua kedatangan (*arrivals*). Dalam penggunaan *runway*, harus mengutamakan pesawat yang akan mendarat. Berikut ini merupakan jenis pesawat yang beroperasi kedatangan & keberangkatan pada hari sibuk tahun 2019 yang akan disajikan pada tabel 4.53

Tabel 4. 53 Komposisi Pesawat pada hari sibuk

Sunday (27-Oct-2030)		
Jenis Pesawat	Departure	Arrival
ATR 72-600	30	30
Boeing 737-800	21	26
Boeing 737-900	54	50
Airbus 320-200	75	80
Total	180	186

Berikut ini merupakan tabel spesifikasi pesawat beserta probabilitas per pesawat yang beroperasi untuk melakukan operasi kedatangan dan keberangkatan pada hari sibuk yang akan disajikan pada tabel 4.54

Tabel 4. 54 Spesifikasi dan Probabilitas Pesawat di hari sibuk tahun 2030

Type Pesawat	ROT (dt)	Approach Speed (Knot)	Probabilitas
ATR 72	55	131	0,161
A 320 - 200	65	135	0,425
B737 - 800	65	142	0,126
B737 - 900	65	144	0,287

Waktu pemakaian *runway* rata-rata $E[R_i]$, merupakan jumlah perkalian dari presentase kategori pesawat dengan waktu pemakaian runway (ROT) untuk tiap katagori pesawat, data yang didapatkan berasal dari tabel 4.23, maka :

$$E[R_i] = \text{ROT} \times \text{Probabilitas}$$

$$E[R_i] = 55 (0,161) + 65 (0,425) + 65 (0,126) + 65 (0,287)$$

$$E[R_i] = 8,855 + 27,625 + 8,19 + 18,655$$

$$E[R_i] = 63,39 \text{ detik}$$

Selanjutnya, adalah mencari waktu yang diharapkan pesawat yang datang untuk menempuh jarak sepanjang separasi pesawat (δ) = 5 nm sebelum masuk ke *runway*, dengan persamaan 3.16

Diketahui :

$$\delta_{ij} = 5 \text{ nm}$$

$$VA = 131 \text{ Knot (ATR 72-600)}$$

$$VB = 135 \text{ Knot (A320-200)}$$

$$VC = 142 \text{ Knot (B737-800)}$$

$$VD = 144 \text{ Knot (B737-900)}$$

$$E \left[\frac{\delta}{V_j} \right] = \left([P_1] \left[\frac{\delta d}{V_1} \right] + \dots + [P_n] \left[\frac{\delta d}{V_n} \right] \right)$$

$$E \left[\frac{\delta}{V_j} \right] = \left([0,161] \left[\frac{5}{131} \right] + [0,425] \left[\frac{5}{135} \right] + [0,126] \left[\frac{5}{142} \right] + [0,287] \left[\frac{5}{144} \right] \right) \times 3600$$

$$E \left[\frac{\delta}{V_j} \right] = 130,789 \text{ detik}$$

$$E [t_d] = 60 \text{ detik}$$

$$E [B_{ij}] = 33 \text{ detik}$$

Sehingga, untuk menghitung kemungkinan suatu operasi keberangkatan (*departures*) yang dapat dilakukan diantara dua operasi kedatangan (*arrivals*) menggunakan persamaan 3.13.

$$E [T_{ij}] \geq E [R_i] + E \left[\frac{\delta}{V_j} \right] + E [B_{ij}] + E [t_d] (n_d - 1)$$

$$E [T_{ij}] \geq 63,39 + 130,763 + 33 + 90 (n_d - 1)$$

$$E [T_{ij}] \geq 227,149 + 60 (n_d - 1) \text{ detik}$$

Untuk satu keberangkatan diantara dua kedatangan, akan didapatkan waktu antar kedatangan sebesar 227,149 detik. Untuk dua keberangkatan diantara dua kedatangan, akan didapatkan waktu antar kedatangan sebesar 287,154 detik. Oleh karena itu, jika waktu antar keberangkatan dapat dilakukan disembarang waktu jika waktu antar kedatangan sebesar 227,149 detik dan 287,154 detik. Dua kali keberangkatan dapat dilakukan di sembarang waktu jika waktu antar kedatangan sebesar 287,154 detik dan 347,154 detik, dan seterusnya.

Dari matriks antar waktu kedatangan dapat diketahui bahwa kemungkinan satu operasi keberangkatan dapat dilakukan diantara dua kedatangan terjadi sebesar 67% (P_{nd}), dan tidak bisa dilakukan keberangkatan lebih dari satu kali diantara kedatangan. kapasitas *runway* menurut kondisi operasi tersebut dapat dihitung dengan persamaan 3.16

$$C = \frac{3600}{E [\Delta T_{ij}]} (1 + n_d P_{nd})$$

$$C = \frac{3600}{227,149} (1 + 1 \times 67\%)$$

$$C = 26,413 = 26 \text{ operasi/jam}$$

Karena nilai waktu antar kedatangan yang ada pada matriks [M_{ij}] paling tidak sebesar 227,149 detik, maka nilai yang lebih kecil dari 225,149 detik akan diganti agar satu keberangkatan dapat dilakukan diantara dua kedatangan.

Tabel 4. 55 Matriks $[M_{ij}]$ untuk operasi campuran

		Leading (i)			
		A (131)	B (135)	C (142)	D (144)
Trailing (j)	A (131)	227,149	227,149	227,149	227,149
	B (135)	227,149	227,149	227,149	227,149
	C (142)	227,149	227,149	227,149	227,149
	D (144)	227,149	227,149	227,149	227,149

Tabel 4. 56 Matriks $[P_{ij}]$ untuk kedatangan

		Leading (i)			
		A (131)	B (135)	C (142)	D (144)
Trailing (j)	A (131)	0,130435	0,043478	0	0
	B (135)	0	0,478261	0	0,043478
	C (142)	0	0	0	0
	D (144)	0,043478	0	0	0,26087

$$E[T_{ij}] = [M_{ij}] \cdot [P_{ij}]$$

Tabel 4. 57 Matriks $E[T_{ij}]$ untuk operasi campuran

		Leading (i)			
		A (131)	B (135)	C (142)	D (144)
Trailing (j)	A (131)	29,62819	9,876062	0	0
	B (135)	0	108,6367	0	9,876062
	C (142)	0	0	0	0
	D (144)	9,876062	0	0	59,25637

$$\sum E[T_{ij}] = 227,149 \text{ detik}$$

Maka, kapasitas *runway* untuk operasi campuran untuk tahun 2019 adalah sebesar

$$C = \frac{1}{E[T_{ij}]}$$

$$C = \frac{1}{227,149} \times 3600 = 15 \text{ operasi/jam}$$

Hasil Perhitungan Kapasitas *Runway* rencana adalah akan disajikan dalam tabel 4.58 berikut :

Tabel 4. 58 Hasil Kapasitas *Runway* rencana

Arrival Only	Keadaan Bebas Kesalahan	=	41 Operasi / Jam
	Keadaan Kesalahan Posisi	=	22 Operasi / Jam
Departure Only		=	60 Operasi / Jam
Mix Operation		=	15 Operasi / Jam

Dikarenakan pada bandara SSK-II, *runway* digunakan untuk operasi campuran, maka hasil perhitungan kapasitas *runway* metode matematis, hasil dapat digunakan hanya operasi capuran, Hasil perhitungan kapasitas *runway* rencana ini masih menggunakan layout sisi udara tahun eksisting, dan didapatkan hasil hanya 15 operasi / jam, sedangkan pada tahun 2030 akan ada 34 operasi / jam pada jam sibuk, maka dibutuhkan usaha untuk meningkatkan kapasitas *runway*, dengan cara perencanaan ulang fasilitas sisi udara.

4.3.4. Perhitungan Kapasitas *Runway* rencana menggunakan metode FAA

Perhitungan kapasitas *runway* eksisting menggunakan metode FAA AC: 150/5060-5 “*Airport Capacity and Delay*”, dan berikut merupakan data – data yang harus dilengkapi :

1. Campuran Pesawat yang beroperasi (*Mix Index*)
Yang pertama adalah untuk menggolongkan jenis pesawat (C & D) sesuai dengan penggolongan pesawat berdasarkan FAA AC: 150/5060-5 berdasarkan tabel 3.3

Tabel 4. 59 Penggolongan Pesawat pada hari sibuk tahun 2030

Jenis Pesawat	Arrival	Departure	Total	MTOW (kg)	Kelas Pesawat (FAA)
ATR 72-600	30	30	60	22000	C
Boeing 737-800	21	26	47	79333	C
Boeing 737-900	54	50	104	85366	C
Airbus 320-200	75	80	155	78000	C

$$\% C = \frac{60+47+104+155}{366} = 100\%$$

$$\% C = \frac{366}{366} = 100\%$$

$$C + 3D = 100\% + 3 (0\%)$$

$$C + 3D = 100\%$$

2. Persentasi Kedatangan

Persentasi kedatangan didatkan dari persamaan 3.18.

$$\% Kedatangan = \frac{\text{Jumlah Kedatangan Pesawat}}{\text{Total Pergerakan Pesawat}}$$

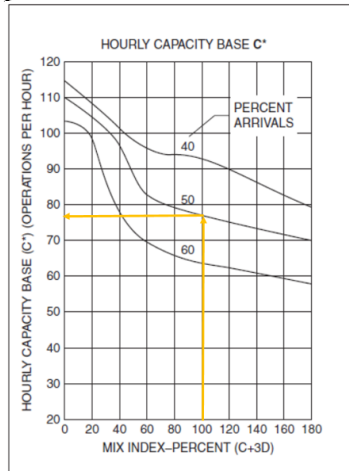
$$\% Kedatangan = \frac{30 + 26 + 50 + 80}{366}$$

$$\% Kedatangan = \frac{186}{366} = 50,82 \%$$

3. Kapasitas Dasar (C*)

3.1. C* untuk VFR dengan menggunakan tabel 3.4

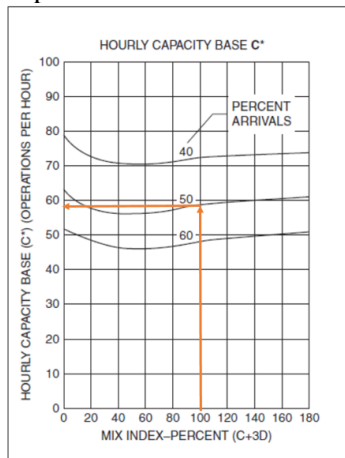
Tabel 4. 60 Kapasitas Dasar untuk VFR tahun 2030



Dari tabel grafik diatas, didapatkan kapasitas dasar (C^*) untuk VFR adalah sebesar 76 operasi / jam

3.2. C^* untuk IFR dengan menggunakan tabel 3.5

Tabel 4. 61 Kapasitas Dasar untuk IFR tahun 2030



Dari tabel grafik diatas, didapatkan kapasiras dasar (C^*) untuk IFR adalah sebesar 58 operasi / jam

4. Persentase *Touch and Go*

4.1. Persentase *Touch and Go* untuk kondisi VFR

Persentase *Touch and Go* didapat dari tabel 3.6

Tabel 4. 62 Tabel *Touch and Go* untuk kondisi VFR

Percent Touch & Go	Mix Index Percent (C + 3D)	Touch & Go Factor (T)
0	0 to 180	1
1 to 10	0 to 70	1,03
11 to 20	0 to 70	1,06
21 to 30	0 to 40	1,13
31 to 40	0 to 10	1,26
41 to 50	0 to 10	1,33

Diketahui dari perhitungan sebelumnya

Mix Index Percent (C+3D) = 100%

Untuk VFR, Touch and Go Factor = 1

4.2. Persentase *Touch and Go* untuk kondisi IFR

Untuk persentase *Touch and Go* factor untuk kondisi IFR = 1

5. Konfigurasi *Exit Taxiway*

Bandar udara SSK-II memiliki satu *runway* yang panjang nya 2600m dan lebar 45 m yang dihubungkan dengan 2 exit taxiway yang langsung menuju apron, dengan ilustrasi sebagai berikut :



Gambar 4. 4 Ilustrasi Runway dan Exit Taxiway Bandara SSK-II
Sumber :

<https://dlca.logcluster.org/display/public/DLCA/2.2.4++++++Indonesia+Riau+Sultan+Syarif+Kasim+II+International+Airport+Pekanbaru>

berikut jarak *exit taxiway* dari ujung *runway* 36 dan 18 untuk jarak *exit taxiway* yang akan disajikan dalam tabel 4.63

Tabel 4. 63 Jarak Runway Ke Exit Taxiway

Jarak dari Runway ke Exit Taxiway			
		Nomor Runway	
		18	36
Exit Taxiway	N1	513 m	2088 m
	N2	787 m	1808 m

Karena jarak *exit taxiway* dari *runway threshold* berbeda, maka dilakukan perhitungan *exit factor* yang berbeda ditinjau dari kedua arah *runway* tersebut. Berdasarkan tabel 3.7 untuk kondisi VFR dan tabel 3.8 untuk kondisi IFR, untuk *mix index* 81 ke 120, *exit taxiway* yang diperhitungkan hanya yang memiliki jarak 5000 ft (1524 m) sampai dengan 7000 ft (2134 m) dari *runway threshold*, maka dari itu jika ditinjau dari arah *runway* 36, maka terdapat 2 *exit taxiway* yang berada pada 1524 m – 2134 m, maka $N = 2$

5.1. Konfigurasi *Exit Taxiway* untuk kondisi VFR

Berdasarkan tabel 3.7, untuk Mix Index Percent (C+3D) 81 ke 120, Jarak *Exit from threshold* 5000ft ke 7000ft, memiliki 50% Persentase Kedatangan, dan N = 2. Maka, *Exit Factor* (E) = 0,92

5.2. Konfigurasi *Exit Taxiway* untuk kondisi IFR

Berdasarkan tabel 3.8, untuk Mix Index Percent (C+3D) 81 ke 120, Jarak *Exit from threshold* 5000ft ke 7000ft, memiliki 50% Persentase Kedatangan, dan N = 2. Maka, *Exit Factor* (E) = 1,00

6. Kapasitas *Runway*

Setelah mendapatkan data – data yang diperlukan untuk menghitung kapasitas *runway*, maka untuk perhitungan kapasitas *runway* untuk kondisi VFR & IFR menggunakan persamaan 3.20

$$C = C^* \times E \times T$$

6.1. Kapasitas *Runway* untuk kondisi VFR

Diketahui :

$$C^* = 78 \text{ operasi / jam}$$

$$E = 0,92$$

$$T = 1$$

Maka, perhitungan kapasitas *runway* untuk kondisi VFR :

$$C = C^* \times E \times T$$

$$C = 78 \text{ operasi / jam} \times 0,92 \times 1$$

$$C = 74,88 = 74 \text{ operasi / jam}$$

6.2. Kapasitas *Runway* untuk kondisi IFR

Diketahui :

$$C^* = 58 \text{ operasi / jam}$$

$$E = 1$$

$$T = 1$$

Maka, perhitungan kapasitas *runway* untuk kondisi IFR :

$$C = C^* \times E \times T$$

$$C = 58 \text{ operasi / jam} \times 1 \times 1$$

$$C = 58 \text{ operasi / jam}$$

Tabel 4. 64 Kesimpulan Perhitungan Kapasitas Runway rencana

Kesimpulan Perhitungan Kapasitas Runway 2030			Check
Peak Hour 2030 =			34 Operasi / Jam
Tahun 2019 Perhitungan Metode Matematis			-
Arrival Only	Keadaan Bebas Kesalahan =	41 Operasi / Jam	OK
	Keadaan Kesalahan Posisi =	22 Operasi / Jam	NOT OK
Departure Only =			60 Operasi / Jam
Mix Operation =			15 Operasi / Jam
Tahun 2030 Perhitungan Metode FAA			-
IFR =			74 Operasi / Jam
VFR =			58 Operasi / Jam

Kesimpulan dari perhitungan kapasitas *runway* untuk tahun 2030, dikarenakan masih menggunakan *layout* eksisting pada tahun 2019, dan pada bandara SSK-II, *runway* mengalami operasi campuran, maka data kapasitas *runway* rencana dari 2 metode, yang dapat dipakai hanya perhitungan metode matematis pada keadaan campuran. Dikarenakan metode FAA merupakan metode yang tidak mempertimbangkan standar separasi, maka hasil yang di dapatkan akan jauh lebih besar dibandingkan dengan metode matematis, sehingga perhitungan metode FAA bukanlah sebagai acuan untuk menentukan kapasitas *runway*. Sehingga, pada tahun 2030, *runway* sudah tidak dapat menampung untuk pergerakan 34 operasi/jam pada jam sibuk, sehingga dibutuhkan perencanaan untuk memperbesar kapasitas *runway* guna menghindari terjadinya antrian pada penggunaan *runway*, dengan cara perencanaan ulang fasilitas sisi udara untuk tahun 2030.

4.3.5. Perhitungan Peramalan Penumpang pada tahun 2030

Dari data pergerakan penumpang yang didapat dari tahun 2002 – 2018, maka perlu diramalkan pergerakan penumpang pada tahun 2030 untuk menyesuaikan dengan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 69 Tahun 2013 Tentang Tataan Kebandarudaraan Nasional yang menyebutkan bahwa tahun 2030 Bandara SSK-II menjadi bandara pengumpul dengan skala primer. Peramalan pergerakan penumpang pada bandara SSK-II diperhitungkan dengan menggunakan data pergerakan penumpang pada tahun 2002 – 2018 yang didapat dari tabel 4.2.

Dari data pergerakan penumpang tahun 2002 – 2018, akan dimasukkan dalam persamaan regresi linier ($y = a + b \cdot x$), sehingga dicari nilai pengubah (y) terlebih dahulu dan dibandingkan nilai koefisien determinasinya (R^2) menggunakan *software Microsoft Excel*.

Tabel 4. 65 Perhitungan Pergerakan Penumpang dengan Metode Regresi Linier

Tahun	Tahun-ke (xi)	Jumlah Penumpang (yi)	(xi) . (yi)	xi ²	(yi – y) ²
2002	1	675277	675277	1	455999026729
2003	2	1101806	2203612	4	1213976461636
2004	3	1444262	4332786	9	2085892724644
2005	4	1513561	6054244	16	2290866900721
2006	5	1756352	8781760	25	3084772347904
2007	6	1839322	11035932	36	3383105419684
2008	7	1834311	12840177	49	3364696844721
2009	8	1977884	15823072	64	3912025117456
2010	9	2394426	21549834	81	5733275869476
2011	10	2541431	25414310	100	6458871527761
2012	11	2772254	30494794	121	7685392240516
2013	12	3257547	39090564	144	10611612457209
2014	13	2993872	38920336	169	8963269552384
2015	14	2670046	37380644	196	7129145642116
2016	15	3386243	50793645	225	11466641655049
2017	16	3792592	60681472	256	14383754078464
2018	17	4007252	68123284	289	16058068591504
Jumlah	153	39958438	434195743	1785	108281366457974

$$X = \frac{\sum xi}{n} = \frac{153}{17} = 9$$

$$Y = \frac{\sum yi}{n} = \frac{39.958.438}{17} = 2.350.496,353$$

$$b = \frac{n(\sum xi. yi) - \sum xi. \sum yi}{n. \sum (xi^2) - (\sum xi)^2}$$

$$b = \frac{17(434.195.743) - (153)(39.958.438)}{17. (1785) - (153)^2} = 182.769$$

$$a = Y - b.X$$

$$a = 2.350.496,353 - 182.769 (9) = 705.574,27$$

Jadi, didapat persamaan regresi linier pergerakan penumpang pada bandara SSK-II berdasarkan data tahun 2002 - 2018 adalah sebagai berikut:

$$y = a + b.x$$

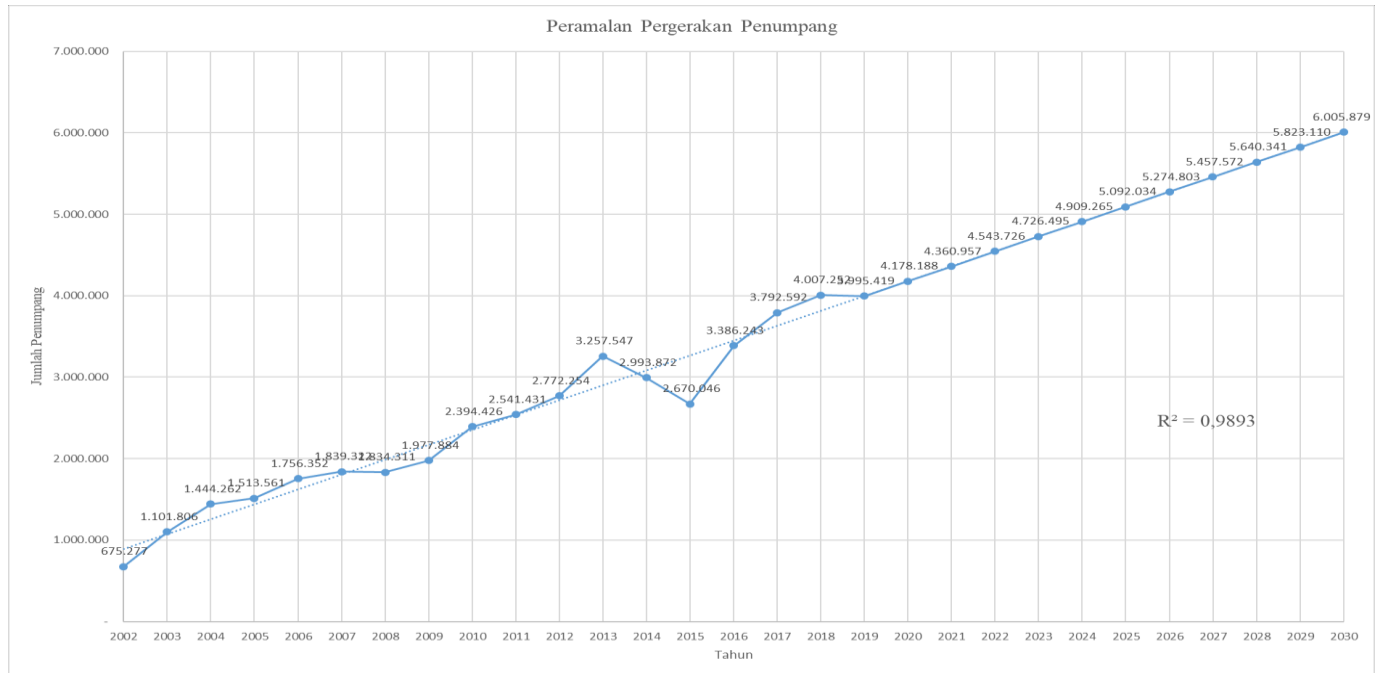
$$y = 705.574,27 + 182.769.x$$

Dimana : x = Tahun – Ke (Xi)

Tabel 4. 66 Hasil Peramalan Pergerakan Penumpang dengan Metode Regresi Linier

Tahun	Tahun-ke	Jumlah Penumpang	Forecast	Penumpang
2002	1	675277		675277
2003	2	1101806		1101806
2004	3	1444262		1444262
2005	4	1513561		1513561
2006	5	1756352		1756352
2007	6	1839322		1839322
2008	7	1834311		1834311
2009	8	1977884		1977884
2010	9	2394426		2394426
2011	10	2541431		2541431
2012	11	2772254		2772254
2013	12	3257547		3257547
2014	13	2993872		2993872
2015	14	2670046		2670046
2016	15	3386243		3386243
2017	16	3792592		3792592
2018	17	4007252		4007252
2019	18		3995418,434	3995419
2020	19		4178187,554	4178188
2021	20		4360956,674	4360957
2022	21		4543725,794	4543726
2023	22		4726494,914	4726495
2024	23		4909264,034	4909265
2025	24		5092033,154	5092034
2026	25		5274802,275	5274803
2027	26		5457571,395	5457572
2028	27		5640340,515	5640341
2029	28		5823109,635	5823110
2030	29		6005878,755	6005879

Maka, dibuat juga hasil peramalan pergerakan penumpang dengan menggunakan grafik histogram yang ditunjukkan pada gambar 4.5



Gambar 4. 5 Grafik Histogram Peralaman Pergerakan Penumpang

Pada gambar 4.1, peramalan pergerakan pesawat dengan menggunakan persamaan regresi linier dengan hasil persamaan data yaitu $y = 705.574,37 + 182.769.x$ dengan koefisien determinasi sebesar $R^2 = 0.9893$

Pada tiap persamaan regresi linier yang sudah didapatkan, nilai koefisien determinasi menunjukkan tingkat korelasi antara data dengan peubah waktu, semakin nilai R^2 mendekati 1 (satu), maka ada korelasi positif dengan hasil *forecast* mendekati kebenaran. Dan variabel X pada persamaan merupakan tahun yang ingin diketahui nilainya.

Maka, dari peramalan regresi linier tersebut didapatkan pada tahun 2030 terdapat 6.005.879 Penumpang/Tahun, hal ini sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 69 Tahun 2013 Tentang Tata n K e b a n d a r u d a r a a n N a s i o n a l.

4.4. Perencanaan Fasilitas Sisi Udara Tahun 2030

Perencanaan fasilitas sisi udara yang akan dilakukan pada tugas akhir kali ini adalah perencanaan terhadap *runway*, *parallel taxiway*, *exit taxiway*, dan *apron* sesuai dengan kebutuhan penerbangan pada saat terjadi perubahan hierarki bandar udara SSK-II tahun 2030, sehingga meminimalisir terjadinya antrian yang diakibatkan kapasitas *runway* eksisting kurang memadai untuk kebutuhan penerbangan yang ada.

4.4.1. Perencanaan Runway

a. Panjang *Runway*

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 69 Tahun 2013, tentang Tata n K e b a n d a r u d a r a a n N a s i o n a l, disebutkan bahwa Bandara SSK-II pada tahun 2020 dan 2030 memiliki klasifikasi landas pacu yang sama yakni kelas 4D, yang terdapat pada tabel 3.9, yang berarti bandara SSK-II memiliki bisa didarati untuk pesawat yang memiliki ARFL (*Aeroplane Reference Field Length* / Panjang *Runway* berdasarkan referensi pesawat) \geq

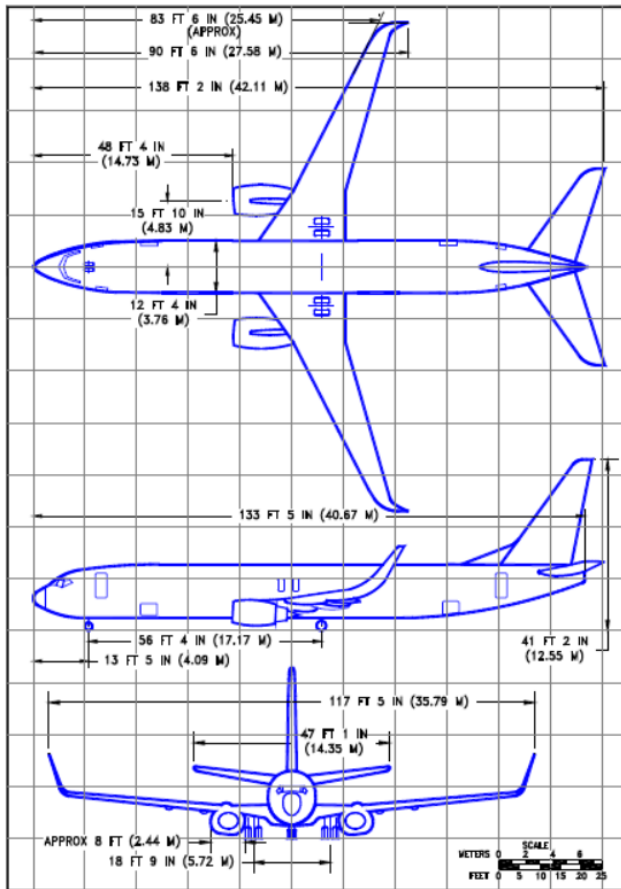
1800m, yang memiliki bentang sayap antara 36m hingga 52m dan memiliki jarak roda utama terluar 9m sampai 14m.

Untuk perencanaan geometrik *Runway*, menggunakan pesawat terbesar yang terdapat di bandara SSK-II untuk perencanaan tahun 2030. Pada tahun 2030, pesawat yang paling besar yang berada di bandara SSK-II adalah pesawat jenis Boeing 737-900ER milik Lion Air, yang memiliki spesifikasi teknis seperti tabel berikut:

Tabel 4. 67 Karakteristik Umum B 737-900ER

B 737-900ER			
Dimensions			
Length	=	42,1	m
Wingspan	=	35,79	m
Height	=	12,5	m
Wing Area	=	125	m ²
Weight			
Max. Take Off Weight	=	85200	kg
Max. Landing Weight	=	71400	kg
Operating Empty Weight	=	42490	kg
Maximum Zero Fuel Weight	=	67800	kg
Maximum Oayload	=	20240	kg
Standard Fuel Capacity	=	26700	litres
Performance			
Range With Max Payload	=	5900	km
Maximum Operating Altitude	=	12500	m
Engines	=	CFM56-7B27	-

Sumber : <https://www.airlines-inform.com/commercial-aircraft/Boeing-737-900.html>



Gambar 4. 6 Dimensi B737-900ER

Sumber : Boeing 737: Airplane Characteristics for Airport Planning

Dalam merencanakan *runway*, terdapat beberapa hal yang diperhatikan, diantaranya *maximum take off weight*, dan elevasi bandara, Setelah ini adalah mencari koreksi panjang *runway* dengan koreksi elevasi, temperature, dan kelandaian

Berikut beberapa data yang dibutuhkan untuk beberapa korelasi tersebut, mengenai bandara SSK-II

1. Elevasi Bandara SSK-II = + 31 m
2. Suhu Rata-Rata Bandara SSK-II = 26°C
3. Interpolasi Suhu (Untuk Grafik) = 14,9262°C
4. Titik Tertinggi di bandara = 44 m
5. Titik Terendah di bandara = 31 m

- Koreksi Terhadap Elevasi

Diketahui :

$$Fe = 1 + 0,07 \times \frac{h}{300}$$

$$Fe = 1 + 0,07 \times \frac{31}{300}$$

$$Fe = 1,00723$$

- Koreksi Terhadap Temperatur

Untuk mendapatkan Temperatur Aerodrome Elevasi (T), harus menggunakan faktor koreksi temperature terhadap elevasi bandara yang dapat di interpolasi menggunakan tabel dari ICAO (2001)

Tabel 4. 68 Hasil Standard Atmosfir

Altitude (m)	Temperature (Centigrade)	Pressure (Kg/m ³)
0	15.00	1.23
500	11.75	1.17
1 000	8.50	1.11
1 500	5.25	1.06
2 000	2.00	1.01
2 500	-1.25	0.96
3 000	-4.50	0.91
3 500	-7.75	0.86
4 000	-10.98	0.82
4 500	-14.23	0.78
5 000	-17.47	0.74
5 500	-20.72	0.70
6 000	-23.96	0.66

Sumber : ICAO Doc. 9157 AN/901 “*Aerodrome Design Manual Part 1 : Runways*”

Hasil interpolasi elevasi bandara terhadap suhu standart atmosfer didapat data interpolasi adalah 14,9262°C.

$$F_t = 1 + 0,01 (T - (15 - 0,0065 \times h))$$

$$F_t = 1 + 0,01 (26 - (15 - 0,0065 \times 31))$$

$$F_t = 1,112$$

- Koreksi Terhadap Kemiringan

Koreksi terhadap Kemiringan (*Effective Gradient*) adalah rasio antara selisih titik tertinggi dan terendah pada *runway* terhadap panjang *runway*nya. Data yang didapatkan merupakan kemiringan *runway* eksisting yang didapat dari *google earth*.



Gambar 4. 7 Kemiringan Memanjang Runway
Sumber : Google Earth

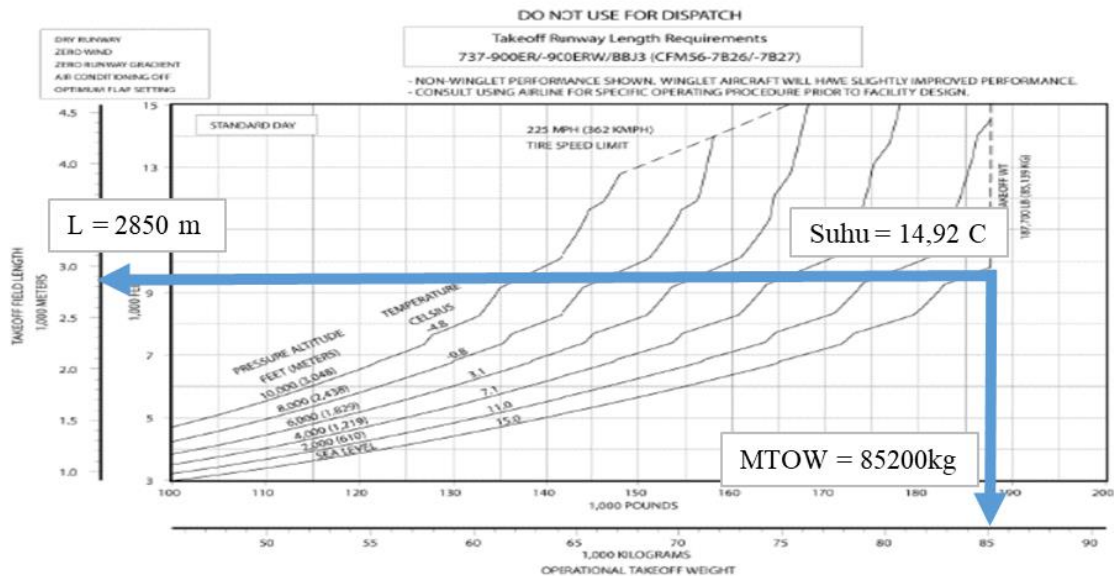
$$S_{Runway} \text{ bandara SSK-II} = \frac{44-31}{2600} \times 100\% = 0,5\%$$

$$F_s = 1 + (0,1 \times s)$$

$$F_s = 1 + (0,1 \times 0,5\%)$$

$$F_s = 1,0005$$

- Mencari ARFL untuk take off berdasarkan grafik yang berdasarkan dari tabel dari *Boeing Company :Airplane Characteristics for Airport Planning*, dengan menggunakan data dari tabel 4.67, yang merupakan pesawat rencana untuk perencanaan kali ini.

Gambar 4. 8 Grafik Panjang *Takeoff*

Berdasarkan grafik diatas, didapatkan ARFL untuk pesawat Boeing 737-900ER adalah 2850m (dalam kondisi MTOW)

- Panjang *Runway* dibutuhkan (terkoreksi)

$$ARFL = \frac{\text{Panjang Runway Terkoreksi}}{Fe \times Ft \times Fs}$$

$$2850 \text{ m} = \frac{\text{Panjang Runway Terkoreksi}}{1,00723 \times 1,112 \times 1,0009}$$

$$\text{Panjang Runway} = 2850 \text{ m} \times 1,00723 \times 1,112 \times 1,0009$$

$$\text{Panjang Runway} = 3194,986 \text{ m} = 3200 \text{ m}$$

Panjang *runway* koreksi adalah 3200m yang digunakan untuk pesawat B737-900ER, dimana *runway* eksisting adalah 2600m, yang berarti memerlukan pemanjangan *runway* sepanjang 600m. Untuk mengetahui kemampuan *runway* eksisting dalam melayani pesawat untuk *take off* dan *landing*, maka dilakukan perhitungan panjang *runway* lagi berdasarkan kondisi eksisting, guna mengetahui kapasitas maksimal *runway* melayani penerbangan.

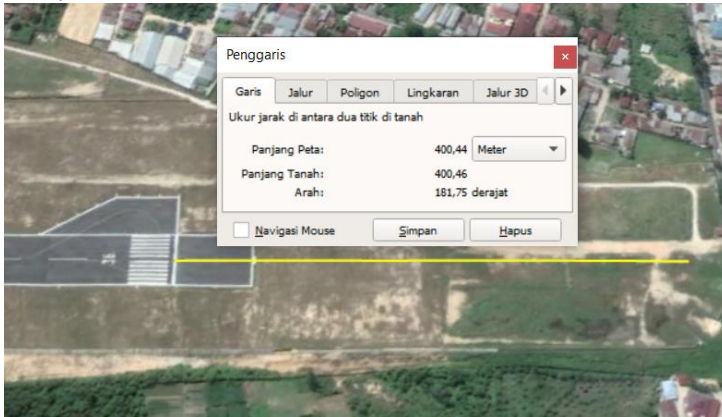
$$ARFL = \frac{\text{Panjang Runway Eksisting}}{Ft \times Fe \times Fs}$$

$$ARFL = \frac{2600}{1,00723 \times 1,112 \times 1,0009}$$

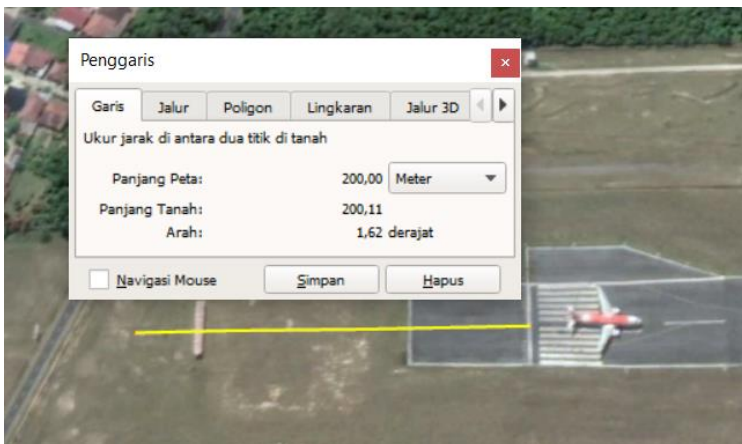
$$ARFL = 2319,258 \text{ m} = 2320 \text{ m}$$

Hasil diatas merupakan batas kondisi maksimal *runway* eksisting bandara SSK-II, yang hanya mampu melayani pesawat dengan maksimal ARFL 2320m.

Untuk dilakukan perpanjangan *runway* sepanjang 600m, dilakukan sepanjang 400m ke arah runway 36, dan sepanjang 200m ke arah runway 18 dengan alasan lahan terbuka lebih banyak ke arah *runway* 36.



Gambar 4. 9 Perpanjangan Runway ke arah Runway 36
Sumber : Google Earth



Gambar 4. 10 Perpanjangan Runway Ke arah Runway 18
Sumber : Google Earth

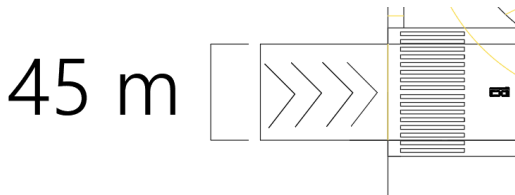
Berikut adalah ilustrasi dari panjang *runway* bandara SSK-II tahun 2030 yang akan disajikan pada gambar 4.11.



Gambar 4. 11 Perencanaan Panjang Runway

b. Lebar *Runway*

Perencanaan Lebar *runway* berdasarkan tabel 3.10. Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 69 Tahun 2013, pada tahun 2030, bandara SSK-II masih menggunakan kelas landasan pacu 4D dan untuk perencanaan selanjutnya menggunakan kode 4D, dan berdasarkan tabel 3.10, untuk Code Number 4, dan Code Letter D, Lebar *Runway* = 45 m. ilustrasi dari perencanaan lebar *runway* disajikan dalam gambar 4.12.

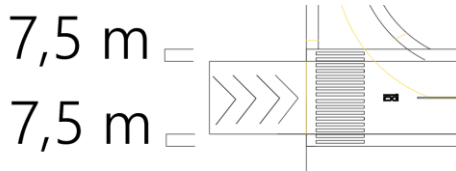


Gambar 4. 12 Perencanaan Lebar Runway

c. Runway Shoulder

Perencanaan Bahu *Runway* / *Runway Shoulder* berdasarkan tabel 3.11, Untuk Code Letter D, Penggolongan pesawat IV, lebar bahu *runway* = 7,5m, dengan kemiringan maksimum *shoulder* = 2,5%. Dikarenakan lebar bahu total = 7,5 m x 2 = 15m, dan lebar *runway* = 45 m. lebar *runway* + *shoulder* =

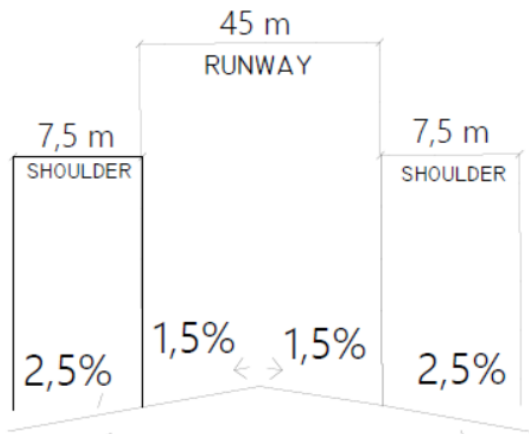
60m. ilustrasi dari perencanaan *runway shoulder* disajikan dalam gambar 4.13.



Gambar 4. 13 Perencanaan Runway Shoulder

d. Kemiringan Melintang Landasan Pacu

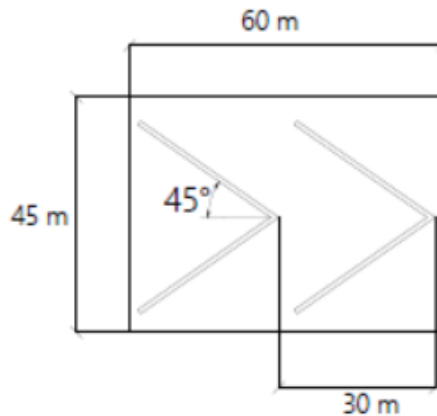
Perencanaan Kemiringan Melintang landasan pacu berdasarkan tabel 3.12, untuk Code Letter D, penggolongan Pesawai IV, *Preferred Slope* adalah 1,5%, Minimum Slope adalah 1%, dan Maksimum Slope 2%. Maka, digunakan kemiringan melintang landasan pacu adalah 1,5%. ilustrasi dari perencanaan kemiringan melintang landasan pacu disajikan dalam gambar 4.14.



Gambar 4. 14 Perencanaan Kemiringan Melintang Runway

e. Perencanaan Stopway

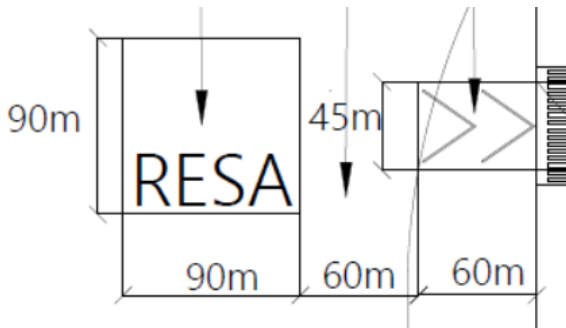
Perencanaan Stopway berdasarkan tabel 3.13 untuk Code Letter D, Penggolongan Pesawat IV, Lebar *Stopways* adalah selebar *runway*, Panjang *Stopways* adalah 60m, dan Kemiringan *Stopways* adalah 0,3% per 30m. ilustrasi dari perencanaan *stopway* disajikan dalam gambar 4.15.



Gambar 4. 15 Perencanaan Stopway

f. RESA

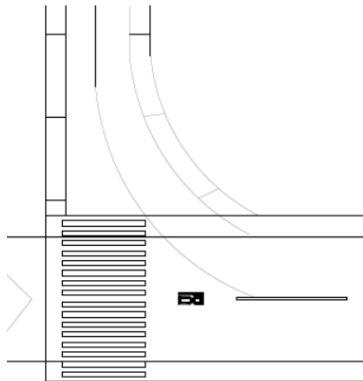
Perencanaan RESA (*Runway End Safety Area*) berdasarkan tabel 3.14 untuk Code Letter D, Penggolongan Pesawat IV, jarak minimum antara holding bay dengan garis tengah landasan, untuk landasan instrument = 90m, dan untuk landasan non instrument tetap 90m. untuk lebar minimum RESA = 45m/ 2x lebar *runway*. Untuk kemiringan memanjang dan melintang maksimum adalah 5%. ilustrasi dari perencanaan RESA disajikan dalam gambar 4.16.



Gambar 4. 16 Perencanaan RESA

g. Holding Bay

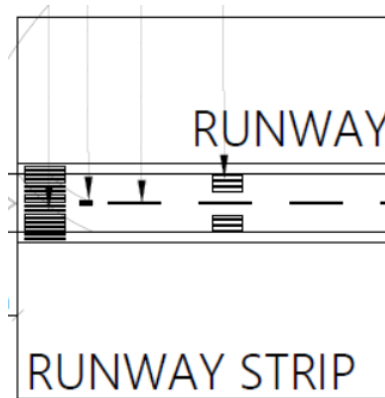
Perencanaan Holding Bay berdasarkan tabel 3.15 untuk Code Letter D, Penggolongan Pesawat IV, Jarak ruang bebas antara pesawat yang parkir dengan pesawat yang bergerak di taxiway adalah 7,5m. Jarak minimum antara holding bay dan garis tengah *runway* adalah 75m. ilustrasi dari perencanaan *holding bay* disajikan dalam gambar 4.17.



Gambar 4. 17 Perencanaan Holding Bay

h. Runway Strip

Perencanaan *Runway Strip* berdasarkan tabel 3.16 untuk Code Letter D, Penggolongan Pesawat IV, lebar minimum termasuk landasan adalah 300m. Ilustrasi dari perencanaan *runway strip* disajikan dalam gambar 4.18.



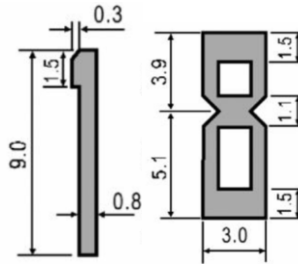
Gambar 4. 18 Perencanaan Runway Strip

i. Runway Marking

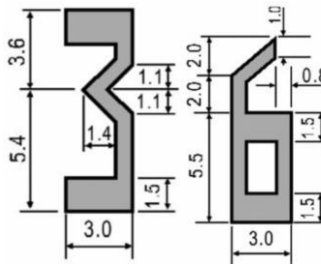
Sesuai dengan Keputusan Jeneral Perhubungan Udara Nomor :SKEP /11/1/2001 Tentang Standar Marka dan Rambu Pada Daerah Pergerakan Pesawat Udara di Bandar Udara.

1. *Runway Designation Marking*

Pada perencanaan ini, bandara SSK-II, tetap berorientasi kepada nomor *runway* yang sama dengan eksisting yakni runway 18, dan 36. Dikarenakan masih menggunakan *single runway*, maka, yang digunakan hanya penomoran saja. Yang berukuran akan disajikan pada gambar 4.19 untuk *runway* 18 dan gambar 4.20 untuk *runway* 36.



Gambar 4. 19 Perencanaan Runway Designation Marking pada Runway 18

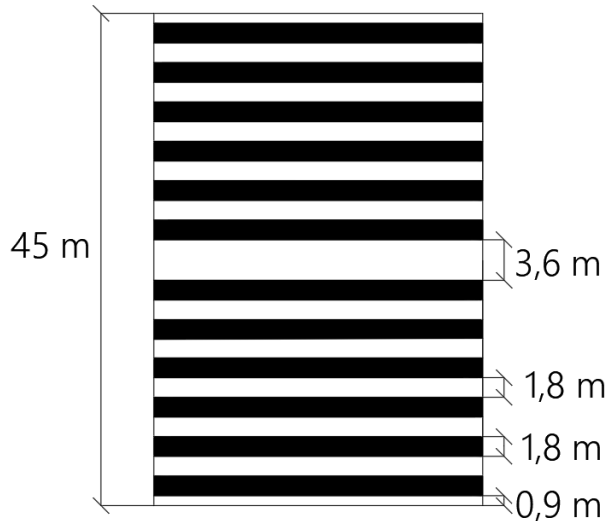


Gambar 4. 20 Perencanaan Runway Designation Marking pada Runway 36

2. Threshold Marking

Dikarenakan pada perencanaan tahun 2030 bandara SSK-II mempunyai lebar *runway* 45m, sehingga, menurut tabel 3.17, mempunyai stripes sebanyak 12 strips, dan banyaknya celah adalah 10 celah, dan menurut SKEP/11/I/2001, dengan jarak stripe dari awal runway sepanjang 6m, panjang stripe 30m, lebar stripe = 1,8m, jarak antar stripe pada sisi yang sama 1,8m, jarak celah kedua sisi stripe sebesar 3,6m, dan jarak tepi luar stripe terhadap tepi dalam *runway side stripe marking* sebesar

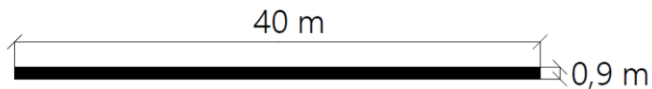
0,9m. Yang akan disajikan pada gambar 4.21 sebagai perencanaan.



Gambar 4. 21 Perencanaan Threshold Marking

3. *Runway Centre line marking*

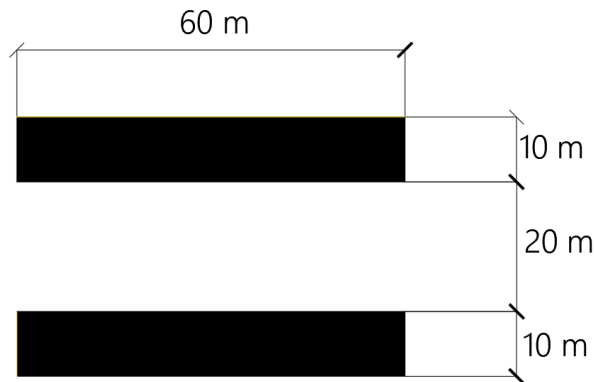
Pada perencanaan kali ini dilakukan panjang *runway centerline marking* sesuai dengan tabel 3.18 dan ilustrasi gambar 3.10 adalah sepanjang (a) 40m, dan celah (b) adalah 30m, yang akan disajikan pada tabel 4.22 sebagai perencanaan.



Gambar 4. 22 Perencanaan Runway Centre line marking

4. *Aiming Point Marking*

Dikarenakan pada perencanaan tahun 2030 bandara SSK-II mempunyai panjang *runway* 3200m, sehingga, menurut tabel 3.19, jarak *aiming point marking* dari *threshold* adalah sebesar 400m, memiliki panjang *stripe* 60m, dengan lebar 10m, dengan jarak spasi antar *stripe* bagian dalam sebesar 20m, yang akan disajikan pada gambar 4.23 sebagai perencanaan.

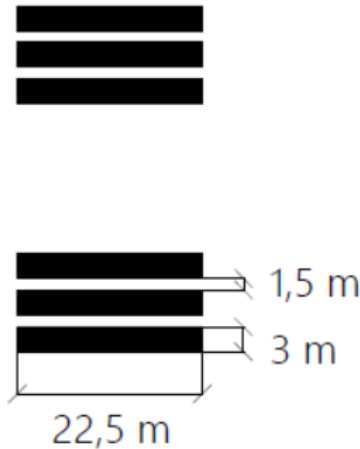


Gambar 4. 23 Perencanaan Aiming Point Marking

5. *Touchdown Zone Marking*

Dikarenakan pada perencanaan tahun 2030 bandara SSK-II mempunyai panjang *Landing Distance Available* sebesar 3200m, sehingga, menurut tabel 3.21, *pair(s) of marking* sebanyak 6 buah, dan jumlah garis menjadi Tiga, Tiga, Dua, Dua, Satu, Satu. Dan menurut tabel 3.20, panjang *stripes* sepanjang 22,5m, untuk lebar *stripe* sebesar 3m, jarak antar *stripe* adalah 1,5m, jarak dari *threshold* adalah 150m, jarak *stripe* dari pinggir *runway* adalah 1,5m, dan untuk jarak antar titik *touchdown zone*

marking adalah 150m. Ilustrasi dari perencanaan dimensi *taxiway* disajikan dalam gambar 4.24.



Gambar 4. 24 Perencanaan Touchdown Zone Marking

4.4.2. Perencanaan Taxiway

a. Dimensi *Taxiway*

Perencanaan Dimensi Taxiway berdasarkan tabel 3.22 untuk Code Letter D, Penggolongan Pesawat IV, lebar taxiway adalah 23m karena akan digunakan untuk pesawat dengan roda putaran kurang dari 9m. Dengan jarak bebas minimum dari sisi terluar roda utama dengan tepi taxiway adalah 4,5m dikarenakan taxiway akan digunakan untuk pesawat dengan roda dasar kurang dari 18m. Ilustrasi dari perencanaan dimensi *taxiway* disajikan dalam gambar 4.25.



Gambar 4. 25 Perencanaan Dimensi Taxiway

b. *Taxiway Shoulder*

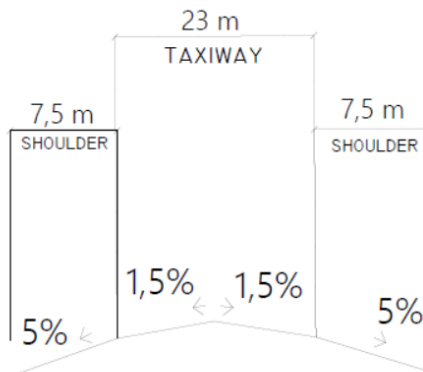
Perencanaan Taxiway Shoulder berdasarkan tabel 3.23, untuk Code Letter D, Penggolongan Pesawat IV, Lebar minimum bahu taxiway pada bagian lurus adalah 38m, dengan lebar taxiway sebesar 23m, dan lebar shoulder 7,5m persisi. Ilustrasi dari perencanaan *taxiway shoulder* disajikan dalam gambar 4.26.



Gambar 4. 26 Perencanaan Taxiway Shoulder

c. *Taxiway Transverse Slope*

Perencanaan *Taxiway Transverse Slope* berdasarkan tabel 3.24 untuk Code Letter D, Penggolongan Pesawat IV, untuk kemiringan melintang adalah 1,5%. Ilustrasi dari perencanaan *Taxiway Transversi Slope* disajikan dalam gambar 4.27.



Gambar 4. 27 Perencanaan Taxiway Transverse Slope

d. *Exit Taxiway (Rapid Exit Taxiway & Lokasi Exit Taxiway)*

Exit Taxiway diperlukan sebagai penghubung antara *runway* dengan *taxiway*. perhitungan jarak *exit taxiway* dihitung dari ujung *runway*. Jarak tersebut dibagi dua, yakni *runway* ke titik *touchdown* (D_1) dan jarak titik *touchdown* ke *exit taxiway* (D_2). Perencanaan letak *exit taxiway* dari ujung *runway* digunakan untuk menunjukkan *exit taxiway* mana yang paling dibutuhkan oleh pesawat rencana untuk sesegera mungkin meninggalkan *runway*.. berikut ini merupakan data kecepatan dan perlambatan untuk tiap kategori pesawat menurut FAA.

Tabel 4. 69 Data Kecepatan dan Perlambatan untuk tiap kategori pesawat

Kategori Pesawat	Vot	Vtd	Ve			a1	a2
	m/s	m/s	30°	45°	90°	m/s ²	m/s ²
A	46,94	44,17	30,87	20,58	7,74	0,76	1,52
B	61,67	50	30,87	20,58	7,74	0,76	1,52
C	71,94	61,67	30,87	20,58	7,74	0,76	1,52
D	85	71,94	30,87	20,58	7,74	0,76	1,52

Sumber : Primashanti & Ahyudanari (2017)

Dimana :

V_{ot} = Kecepatan saat mendarat

V_{td} = Kecepatan saat *touchdown*

V_e = Kecepatan saat keluar *exit taxiway*

a_1 = Perlambatan saat di udara

a_2 = Perlambatan saat di darat

Perencanaan *exit taxiway* ini dilakukan perhitungan untuk semua kategori pesawat dan tiap kategori sudut *exit taxiway*. contoh perhitungan jarak ujung *runway* ke *exit taxiway* untuk kategori C, sudut *exit taxiway* 30° adalah

$$V_{ot} = 71,94 \text{ m/s}$$

$$V_{td} = 61,67 \text{ m/s}$$

$$V_e = \text{untuk } 30^\circ = 30,87 \text{ m/s}$$

$$a_1 = 0,76 \text{ m/s}^2$$

$$a_2 = 1,52 \text{ m/s}^2$$

- Jarak dari ujung *runway* ke titik *touchdown* (D_1) dihitung menggunakan :

$$D_1 = \frac{Vot^2 - Vtd^2}{2 a_1}$$

$$D_1 = \frac{71,94^2 - 61,67^2}{2 \times 0,76}$$

$$D_1 = 902,746 \text{ m}$$

- Jarak dari titik *touchdown* ke lokasi *exit taxiway* (D_2) dihitung menggunakan :

$$D_2 = \frac{Vtd^2 - Ve^2}{2 a_2}$$

$$D_2 = \frac{61,67^2 - 30,87^2}{2 \times 1,52}$$

$$D_2 = 937,576 \text{ m}$$

Tabel 4. 70 Jarak ujung *runway* ke titik *touchdown* (D_1) dan jarak titik *touchdown* ke lokasi *exit taxiway* (D_2)

Kategori Pesawat	D1 (m)	D2 (30°) (m)	D2 (45°) (m)	D2 (90°) (m)
A	166,036	328,3	502,4515	622,0662
B	857,3611	508,8958	683,0472	802,662
C	902,7465	937,5763	1111,728	1231,343
D	1348,445	1388,95	1563,101	1682,716

Jarak antara titik *touchdown* ke lokasi *exit taxiway* diperlukan beberapa Koreksi. Berikut beberapa korelasi Jarak D_2 akibat Elevasi & Suhu .

- Perpanjangan 3% dilakukan untuk tiap penambahan ketinggian 300 meter dari permukaan laut. Elevasi bandara SSK-II adalah +31 MDPL.

$$\text{Faktor Koreksi} = 1 + 0,03 \times \frac{33}{300} = 1,00033$$

- Perpanjangan 1% dilakukan untuk setiap kenaikan suhu 5,6⁰c dari 15⁰c. suhu di bandara SSK-II adalah 26⁰c

$$\text{Faktor Koreksi} = 1 + \left[\frac{(26-15)}{5,6} \right] \times 1\% = 1,01964$$

- Hasil korelasi elevasi dan suhu terhadap jarak ujung *runway* ke *exit taxiway* (D₂) menjadi

$$D_2 = 937,576 \times 1,00033 \times 1,01964$$

$$D_2 = 956,3085$$

Tabel 4. 71 Jarak ujung *runway* ke titik *touchdown* (D₁) dan Hasil koreksi jarak titik *touchdown* (D₂)

Kategori Pesawat	D1 (m)	D2 (30°) (m)	D2 (45°) (m)	D2 (90°) (m)
A	166,036	334,8592	512,4901	634,4947
B	857,3611	519,0632	696,6941	818,6986
C	902,7465	956,3085	1133,939	1255,944
D	1348,445	1416,7	1594,331	1716,335

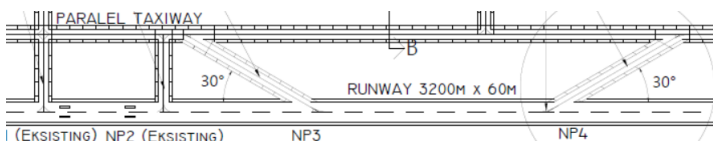
- Jarak total dari ujung *runway* menuju lokasi *exit taxiway*
 $S = D_1 + D_2 \text{ Koreksi}$

Tabel 4. 72 Jarak Total dari ujung *runway* menuju lokasi exit taxiway

Kategori Pesawat	S (m)		
	30°	45°	90°
A	500,8952	678,5261	800,5307
B	1376,424	1554,055	1676,06
C	1859,055	2036,686	2158,69
D	2765,145	2942,776	3064,78

Dikarenakan penggolongan kategori pesawat berdasarkan FAA, maka yang dipilih adalah lokasi *exit taxiway* untuk penggolongan kategori pesawat tipe C (ATR 72, A320, B738, dan B739) karena merupakan tipe pesawat yang tersering di bandara SSK-II dengan sudut kemiringan 30° karena memiliki efisiensi yang tinggi. Sehingga jarak *exit taxiway* diukur dari ujung *runway* 18 dan 36 adalah 1859,055 = 1860m.

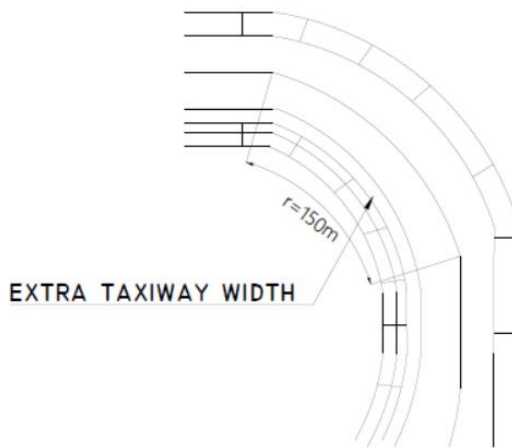
Dalam tugas akhir ini, mengacu pada kondisi eksisting bandara SSK-II yang memiliki 2 *exit taxiway* ($N_1 = 513\text{m}$ dari *runway* 18, 2088m dari *runway* 36 dan $N_2 = 787\text{m}$ dari *runway* 18, 2088m dari *runway* 36). Perencana menetapkan N_1 dan N_2 sama dengan kondisi eksisting. Dan menambah *rapid exit taxiway* berupa N_3 dan N_4 baru. ilustrasi dari perencanaan *exit Taxiway* disajikan dalam gambar 4.28.



Gambar 4. 28 Perencanaan Exit Taxiway

e. *Taxiway Curves*

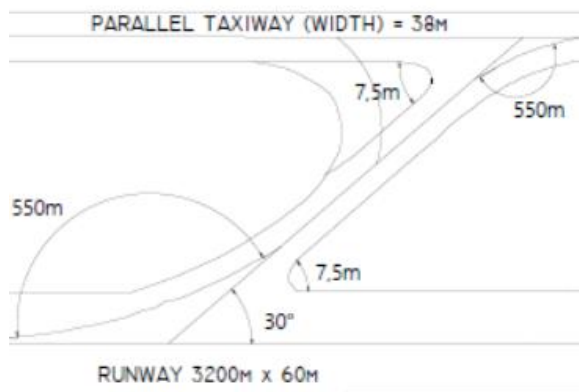
Perencanaan *Taxiway curves* berdasarkan tabel 3.24 untuk kecepatan desain pesawat di taxiway adalah 50km/h, sehingga jarak radius curve adalah sebesar 150m. Ilustrasi dari perencanaan *taxiway curves* disajikan dalam gambar 4.29.



Gambar 4. 29 Perencanaan Taxiway Curves

f. *Fillet Taxiway*

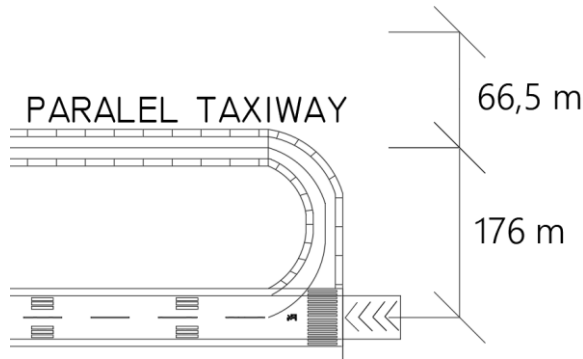
Perencanaan *Fillet Taxiway* berdasarkan tabel 3.26 untuk Code Letter D, Penggolongan Pesawat IV, Putaran, taxiway (R) adalah 45m, panjang dari peralihan ke fillet (L) adalah 75m, jari jari fillet untuk judgemental oversteering symmetrical widening (F) adalah 31,5 sampai 33 m, untuk jari-jari fillet untuk judgemental oversteering one side widening (F) adalah 29-30 m dan jari-jari fillet untuk tracking centre line (F) adalah 25m. ilustrasi dari perencanaan *Fillet Taxiway* disajikan dalam gambar 4.30.



Gambar 4. 30 Perencanaan Fillet Taxiway

- g. *Taxiway Minimum Separation Distance* (Pemisahan Jarak Minimum *taxiway*)

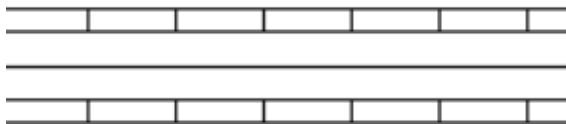
Perencanaan Fillet Taxiway berdasarkan tabel 3.29 untuk Code Letter D, Penggolongan Pesawat IV, untuk landasan instrument, jarak garis tengah taxiway ke runway adalah 176m. untuk garis tengah taxiway pada garis tengah taxiway adalah 66,5m, untuk garis tengah taxiway pada suatu objek yang tetap yakni 40,5m, dan pesawat yang berada di tengah taxiway dengan objek tetap adalah 36m. Ilustrasi dari perencanaan *Taxiway Minimum Separation Distance* disajikan dalam gambar 4.31.



Gambar 4. 31 Perencanaan Taxiway Minimum Separation Distance

h. Taxiway Strips

Perencanaan Taxiway Strip berdasarkan tabel 3.23 untuk Code Letter D, Penggolongan Pesawat IV, Jarak minimum bagian tengah strip garis tengah taxiway (harus graded area) adalah 19 m, maksimum kemiringan keatas yang diratakan adalah 2,5%, dan maksimum kemiringan kebawah yang diratakan adalah 5%. ilustrasi dari perencanaan *Taxiway strips* disajikan dalam gambar 4.32.

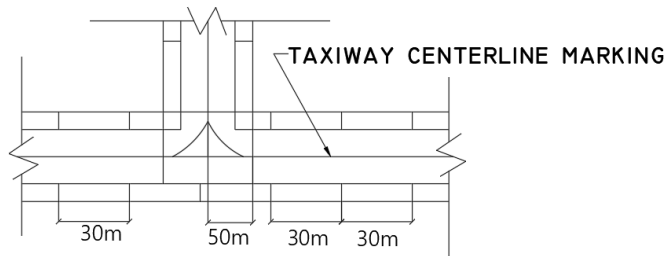


Gambar 4. 32 Perencanaan Taxiway Strips

i. *Taxiway Marking*

1. *Taxiway centerline Marking*

Pada perencanaan kali ini, didesain *taxiway centerline marking* yang akan ditunjukkan pada gambar 4.33 sebagai berikut :



Gambar 4. 33 Perencanaan Taxiway Centerline Marking

2. *Taxiway Edge Marking*

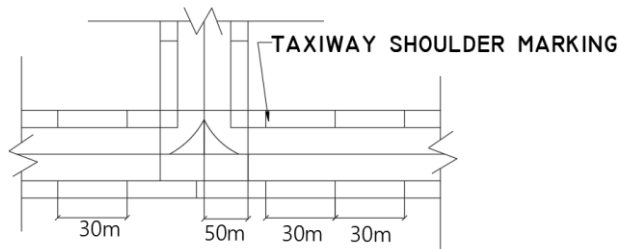
Pada perencanaan kali ini, didesain *Taxiway Edge Marking* yang akan ditunjukkan pada gambar 4.34 sebagai berikut :



Gambar 4. 34 Perencanaan *Taxiway Edge Marking*

3. *Taxiway Shoulder Marking*

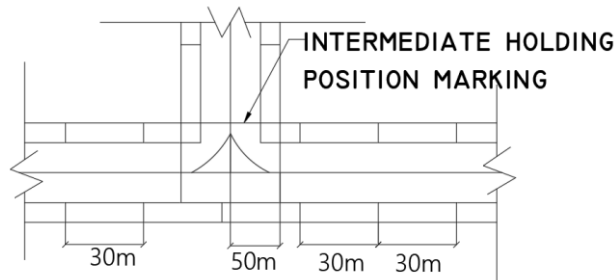
Pada perencanaan kali ini, didesain *Taxiway Shoulder Marking* yang akan ditunjukkan pada gambar 4.35 sebagai berikut :



Gambar 4. 35 Perencanaan *Taxiway Shoulder Marking*

4. *Intermediate Holding Position Marking*

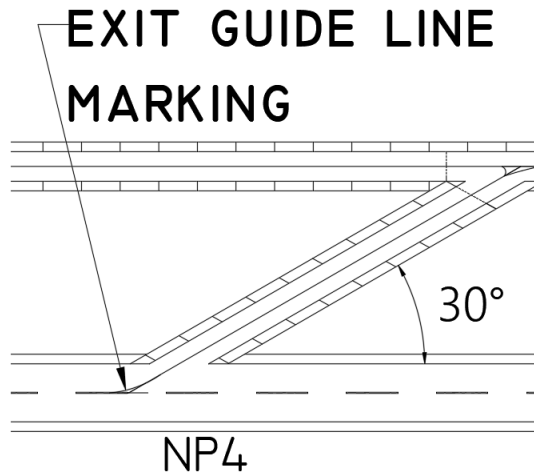
Pada perencanaan kali ini, didesain *Intermediate Holding Position Marking* yang akan ditunjukkan pada gambar 4.36 sebagai berikut :



Gambar 4. 36 Perencanaan *Intermediate Holding Position Marking*

5. *Exit Guide Line Marking*

Pada perencanaan kali ini, didesain *Exit Guide Line Marking* yang akan ditunjukkan pada gambar 4.37 sebagai berikut :



Gambar 4. 37 Perencanaan Exit Guide Line Marking

4.4.3. **Perencanaan Apron**

Pada tugas akhir kali ini, direncanakan menggunakan konfigurasi parkir eksisting, yakni konfigurasi parkir *apron nose-in* dan menggunakan sistem lurus (*linear*), menimbang ketersediaan lahan, kenyamanan penumpang dan kemudahan dalam melakukan pengembangan bandara.

a. Jumlah Aircraft Gate

Jumlah perencanaan *jumlah gate*, ditentukan berdasarkan arus kedatangan. Pada tahun 2030, terdapat 34 penerbangan / jam pada jam sibuk di tahun 2030. Waktu pemakaian / parkir pada gate adalah 30 – 60 menit, untuk pesawat rencana B737-900ER adalah 35 menit, dan faktor

pemakaian gate (U) adalah 0,6 – 0,8. Dalam perencanaan ini digunakan faktor pemakaian sebesar = 0,8.

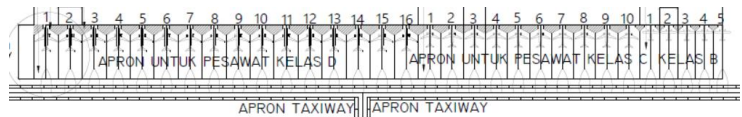
Sehingga, menurut persamaan 3.31, perhitungan jumlah gate yang dibutuhkan adalah:

$$G = \frac{V \times T}{U}$$

$$G = \frac{36 \times 40/60}{0,8}$$

$$G = 30 \text{ buah}$$

Berikut ini merupakan ilustrasi dari perencanaan jumlah *aircraft gate* yang akan disajikan dalam gambar 4.38.



Gambar 4. 38 Perencanaan Jumlah Aircraft Gate

b. Perencanaan Dimensi Gate

Data-data yang digunakan untuk menghitung dimensi *apron* adalah, data karakteristik pesawat, data jumlah gate, data pesawat yang beroperasi pada jam sibuk.

Tabel 4. 73 Karakteristik Pesawat dalam Perencanaan Apron

Parameter	Kategori B	Kategori C	Kategori D
	ATR 72	A320-200	Boeing 737-900ER
Wingspan	27 m	35,8 m	35,79 m
Wheel Base	10,77 m	12,64 m	17,17 m
Overall Length	27,16m	37,57 m	42,11 m

Radius (R) untuk pesawat Boeing ATR 72 dihitung menggunakan persamaan 3.35

$$R = \left(\frac{Wingspan}{2} \right) + \left(\frac{Wheelbase}{tg 60^0} \right)$$

$$R = \left(\frac{27}{2} \right) + \left(\frac{10,77}{tg 60^0} \right)$$

$$R = 13,5 + 6,218$$

$$R = 19,718 \text{ m}$$

Radius (R) untuk pesawat A320 dihitung menggunakan persamaan 3.35

$$R = \left(\frac{Wingspan}{2} \right) + \left(\frac{Wheelbase}{tg 60^0} \right)$$

$$R = \left(\frac{35,8}{2} \right) + \left(\frac{12,64}{tg 60^0} \right)$$

$$R = 17,9 + 7,397$$

$$R = 25,297 \text{ m}$$

Radius (R) untuk pesawat Boeing 737-900ER dihitung menggunakan persamaan 3.35

$$R = \left(\frac{Wingspan}{2} \right) + \left(\frac{Wheelbase}{tg 60^0} \right)$$

$$R = \left(\frac{35,79}{2} \right) + \left(\frac{17,17}{tg 60^0} \right)$$

$$R = 17,895 + 9,913$$

$$R = 27,808 \text{ m}$$

Tabel 4. 74 Presentase Pemakaian Gate

Pesawat	Kategori	Depart	Arrival	Presentase
ATR 72	B	0	4	11,111%
A320	C	0	12	33,333%
B 738	D	4	0	55,556%
B 739	D	8	8	

Untuk kategori B = 30 Gate x 11,111% = 4 Gate

Untuk kategori C = 30 Gate x 33,333% = 10 Gate

Untuk Kategori D = 30 Gate x 55,556% = 16 Gate

Jadi, untuk dimensi Apron adalah:

- 4 Buah parking stand B

$$P = G \times 2R + (G+1) \times C$$

$$P = 4 \times (2 \times 19,718) + (4+1) \times 4,5$$

$$P = 180,212 \text{ m}$$

$$L = L + C + W$$

$$L = 27,16 + 4,5 + 48,768$$

$$L = 80,428 \text{ m}$$

Untuk parking stand B, luas area adalah :

$$\text{Luas Area} = P \times L$$

$$\text{Luas Area} = 180,212 \text{ m} \times 80,248 \text{ m}$$

$$\text{Luas Area (B)} = 14461,652 \text{ m}^2$$

- 10 Buah parking stand C

$$P = G \times 2R + (G+1) \times C$$

$$P = 10 \times (2 \times 25,297) + (10+1) \times 4,5$$

$$P = 555,44 \text{ m}$$

$$L = L + C + W$$

$$L = 37,57 + 4,5 + 88,392$$

$$L = 130,462 \text{ m}$$

Untuk parking stand C, luas area adalah :

$$\text{Luas Area} = P \times L$$

$$\text{Luas Area} = 555,44 \text{ m} \times 130,462 \text{ m}$$

$$\text{Luas Area (C)} = 72463,813 \text{ m}^2$$

- 16 Buah parking stand D

$$P = G \times 2R + (G+1) \times C$$

$$P = 16 \times (2 \times 27,808) + (16 + 1) \times 4,5$$

$$P = 966,356 \text{ m}$$

$$L = L + C + W$$

$$L = 42,11 + 4,5 + 88,392$$

$$L = 135,002 \text{ m}$$

Untuk parking stand C, luas area adalah :

$$\text{Luas Area} = P \times L$$

$$\text{Luas Area} = 966,356 \text{ m} \times 135,002 \text{ m}$$

$$\text{Luas Area (D)} = 130459,992 \text{ m}^2$$

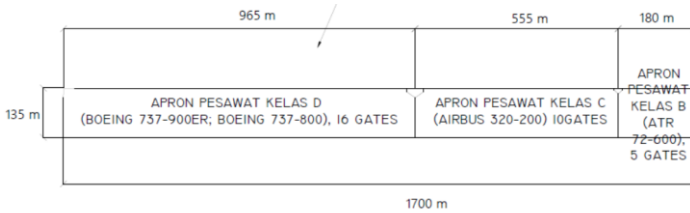
- Luas Apron Total = Luas Area (B) + Luas Area (C) + Luas Area (D)

$$\text{Luas Apron Total} = 14.461,652 \text{ m}^2 + 72.463,813 \text{ m}^2 + 130.459,992 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas Apron Total} = 217.385,457 \text{ m}^2$$

Untuk memudahkan, lebar *apron* mengikuti lebar pesawat terbesar, yakni pesawat dengan kategori D yaitu 135m, dengan panjang sesuai dengan masing-masing kategori

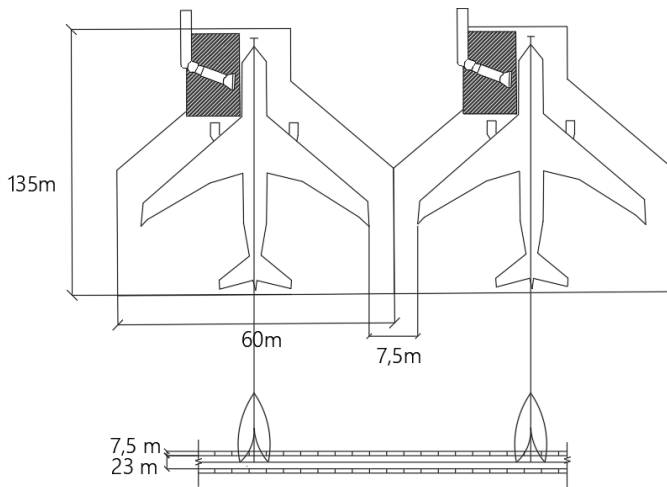
pesawat. Berikut ini merupakan ilustrasi dari perencanaan luas dimensi gate yang akan disajikan dalam gambar 4.39.



Gambar 4. 39 Perencanaan Dimensi Gate

c. Perencanaan *Apron Separation*

Pada perencanaan *Apron Separation* pada kali ini, dilakukan dengan menggunakan tabel 3.31. yang diilustrasikan pada dalam gambar 4.40.

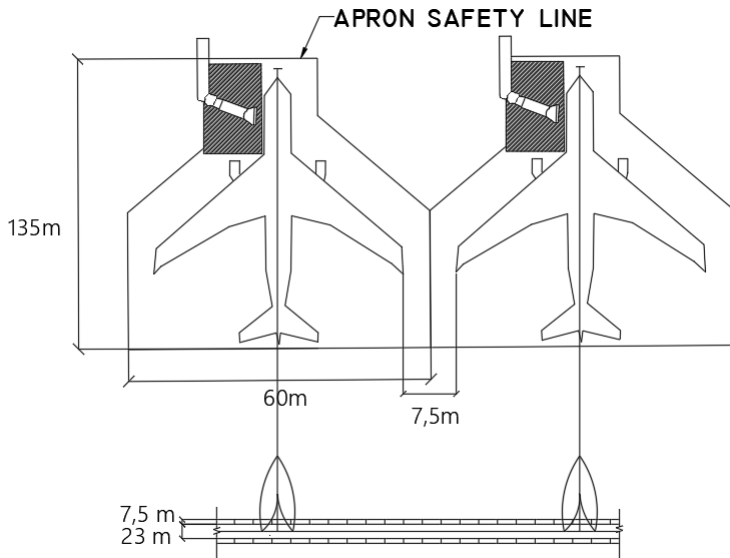


Gambar 4. 40 Perencanaan Apron Separation

d. Perencanaan *Apron Marking*

1. *Apron Safety line marking*

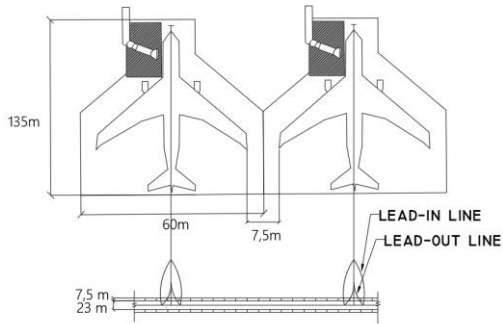
Pada perencanaan kali ini, didesain *Apron Safety Line Marking* yang akan ditunjukkan pada gambar 4.41 sebagai berikut :



Gambar 4. 41 Perencanaan Apron Safety Line Marking

2. *Apron Lead-in and Lead-out marking*

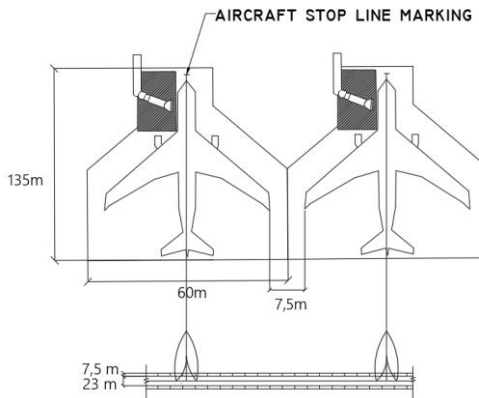
Pada perencanaan kali ini, didesain *Apron Lead-in and Lead-out marking* yang akan ditunjukkan pada gambar 4.42 sebagai berikut :



Gambar 4. 42 Perencanaan Apron Lead-in and Lead-out marking

3. *Aircraft Stop Line Marking*

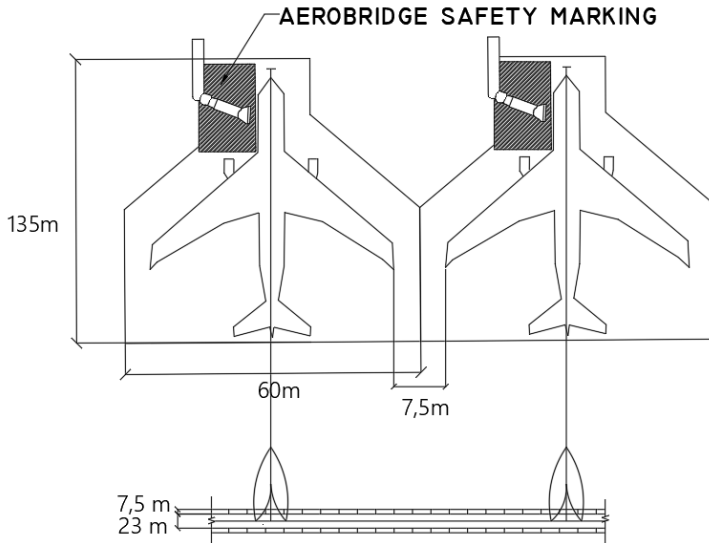
Pada perencanaan kali ini, didesain *Aircraft Stop Line Marking* yang akan ditunjukkan pada gambar 4.43 sebagai berikut :



Gambar 4. 43 Perencanaan Aircraft Stop Line Marking

4. *Aerobridge Safety Marking*

Pada perencanaan kali ini, didesain *Aerobridge Safety Marking* yang akan ditunjukkan pada gambar 4.44 sebagai berikut :



Gambar 4. 44 Perencanaan Aerobridge Safety Marking

4.5. Perhitungan *Runway Occupancy Time (ROT)*

Setelah dilakukan perencanaan sisi udara tahun 2030, maka dilakukan perhitungan *Runway Occupancy Time (ROT)* untuk mengetahui apakah pada tahun 2030, *runway* sudah siap untuk menerima operasi penerbangan pada peak hour 2030, analisis menggunakan ROT dilakukan, karena bila menggunakan perumusan kapasitas *runway* metode matematis, maka hasil yang didapatkan akan sama dengan sebelum perubahan layout sisi udara tahun 2030, karena pada perumusan kapasitas *runway*

metode matematis, menggunakan nilai separasi pesawat dan menggunakan panjang Final Approach Path (FAP) yang sama dengan tahun sebelumnya, kecuali jika dilakukan pemendekan pada separasi dan FAP, maka hasil kapasitas *runway* akan naik.

Dengan menggunakan persamaan 3.35, maka perhitungan untuk menentukan waktu penggunaan runway / *Runway Occupancy Time* dengan pesawat rencana adalah Boeing 737-900ER, sehingga didapatkan data perencanaan adalah :

Diketahui :

$$V_{ot} = 85 \text{ m/s}$$

$$V_{td} = 71,94 \text{ m/s}$$

$$V_e = 30,87 \text{ m/s } (30^0)$$

$$a_1 = 0,76 \text{ m/s}^2$$

$$a_2 = 1,52 \text{ m/s}^2$$

$$t = 10 \text{ s, Horonjeff (2011)}$$

$$ROT = \frac{V_{ot} - V_{td}}{2a_1} + 3 + \frac{V_{td} - V_e}{2a_2} + t$$

$$ROT = \frac{85 - 71,94}{2 \times 0,76} + 3 + \frac{71,94 - 30,87}{2 \times 1,52} + 10$$

$$ROT = 35,102 = 36s$$

Tabel 4. 75 Nilai ROT untuk tiap-tiap kategori pesawat

Kategori Pesawat	Vot m/s	Vtd m/s	Ve 30°	a1 m/s ²	a2 m/s ²	t s	ROT (s)
A	46,94	44,17	30,87	0,76	1,52	10	19,19737
B	61,67	50	30,87	0,76	1,52	10	26,97039
C	71,94	61,67	30,87	0,76	1,52	10	29,88816
D	85	71,94	30,87	0,76	1,52	10	35,10197

Maka, setelah didapat nilai-nilai untuk tiap kategori pesawat, maka, akan di dikalikan dengan jumlah pesawat pada *peak hour* tahun 2030. Berikut ini merupakan tabel pesawat yang akan beroperasi pada tahun 2030

Tabel 4. 76 Kategori Pesawat yang beroperasi pada 2030

Jenis Pesawat	Arrival	Departure	Total	Kategori Pesawat
ATR 72-600	0	4	4	B
Airbus 320-200	0	12	12	C
Boeing 737-800	4	0	4	D
Boeing 737-900	8	8	16	D

Perhitungan Total ROT merupakan hasil ROT untuk tiap kategori pesawat dikalikan dengan jumlah penerbangan pemakaian *runway*.

Tabel 4. 77 Perhitungan Jumlah ROT pada Jam Sibuk tahun 2030

Jenis Pesawat	Arrival	Departure	Total	ROT	Σ ROT
				(s)	(s)
ATR 72-600	0	4	4	19,19737	76,78947
Airbus 320-200	0	12	12	26,97039	323,6447
Boeing 737-800	4	0	4	29,88816	119,5526
Boeing 737-900	8	8	16	35,10197	561,6316
Total ROT					1081,618

Dalam perhitungan, didapatkan total ROT dalam jam sibuk adalah 1081,618 detik. Maka kontrol ROT adalah OK jika waktu ROT terjadi pada jam sibuk

Kontrol ROT < 3600 detik.
1081,618 detik < 3600 detik (OK)

Maka, perencanaan ulang fasilitas sisi udara pada tahun 2030 yang sudah di desain, beserta dengan perencanaan sudut *rapid exit taxiway* sudah cukup untuk menampung pesawat pada jam sibuk pada tahun 2030.

4.6. Perhitungan Bahan Bakar

Setelah mendapatkan analisis fasilitas sisi udara, maka untuk tahap selanjutnya adalah perhitungan kebutuhan bahan bakar akibat fasilitas sisi udara yang baru tahun 2030

4.6.1. Variabel Untuk Analisis Perhitungan Bahan Bakar

Untuk menganalisis tingkat pertambahan konsumsi bahan bakar pesawat akibat adanya pertambahan sisi udara, dibutuhkan beberapa variabel yang berpengaruh dan dijadikan dasar perhitungan seberapa besar pertambahan bahan bakar yang digunakan pesawat dari landing sampai pesawat hinggal di apron, variabel tersebut antara lain :

a. Maximum Landing Weight

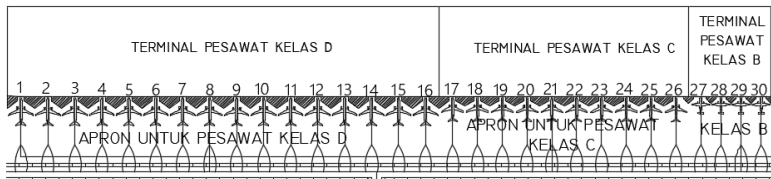
Berat pesawat pada saat landing digunakan untuk menganalisa penggunaan konsumsi bahan bakar karena merupakan representasi dari berat pesawat maksimum yang digunakan dalam suatu pesawat untuk posisi pendaratan. Untuk variabel ini, pesawat rencana Boeing 737-900ER mempunyai berat maximum landing seperti yang telah dijelaskan pada tabel 4.67, berat maximum landing pesawat Boeing 737-900ER adalah 71400kg.

b. Panjang Arah Horizontal (L)

Dalam perhitungan konsumsi bahan bakar, diperlukan perhitungan jarak horizontal minimum sebagai salah satu variabel. Panjang arah horizontal didapatkan dari jarak

pesawat melintasi *runway* sampai *apron*, yang akan disimulasikan pada gambar berikut yang merupakan layout sisi udara tahun 2030.

Pada perhitungan pada tugas akhir kali ini, disimulasikan kebutuhan bahan bakar pada layout sisi udara tahun 2030 baik pesawat yang akan turun pada *runway* 18, maupun *runway* 36, lalu melintasi *taxiway* dan masuk kedalam *taxiline apron* dan berakhir di apron dari berbagai tipe pesawat yang beroperasi pada bandara SSK-II. Pada perencanaan kebutuhan bahan bakar pada bandara SSK-II tahun 2030, yang akan disimulasikan adalah untuk pesawat yang akan *landing* dan berjalan melalui *taxiway* dan menuju *apron*, untuk letak *apron* dapat dilihat pada gambar 4.45



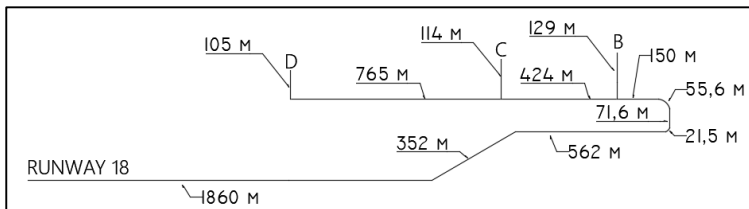
Gambar 4. 45 Apron Bandara SSK-II tahun 2030

Untuk perencanaan perhitungan bahan bakar akan disimulasikan sebagai berikut :

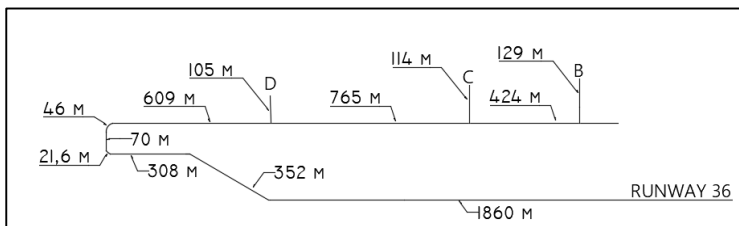
1. Untuk pesawat kelas D (diwakilkan oleh Boeing 737-900ER) baik yang *landing* dari *runway* 18 dan 36 disimulasikan akan parkir pada *apron* nomor 8.
2. Untuk pesawat kelas C (Airbus 320-200) baik yang *landing* dari *runway* 18 dan 36 disimulasikan akan parkir pada *apron* nomor 21

3. Untuk pesawat kelas B (ATR 72-600) baik yang *landing* dari *runway* 18 dan 36 disimulasikan akan parkir pada *apron* nomor 29

Untuk perhitungan jarak pada sisi udara tahun 2030, akan disajikan pada gambar 4.46 yang merupakan pesawat yang *landing* dari *runway* 18, dan gambar 4.47, merupakan perhitungan untuk pesawat yang akan *landing* dari *runway* 36.



Gambar 4. 46 Jarak dari Runway ke Apron dari arah Runway 18



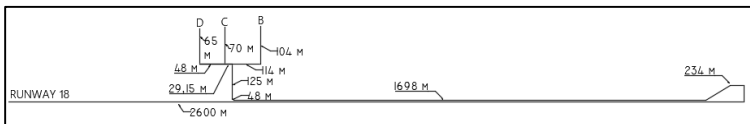
Gambar 4. 47 Jarak dari Runway ke Apron dari arah Runway 36

Rekapitulasi Jarak dari *Runway* ke *apron* untuk berbagai tipe golongan pesawat dengan menggunakan *layout* sisi udara tahun 2030 :

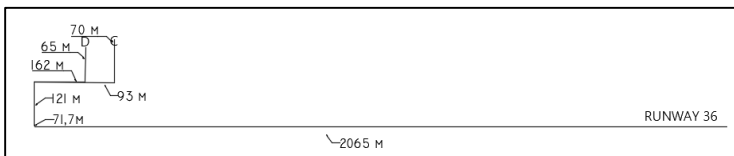
- Dari *Runway* 18

- Golongan Pesawat B = 3201,7 m
 Golongan Pesawat C = 3610,7 m
 Golongan Pesawat D = 4366,7 m
 - Dari *Runway* 36
 Golongan Pesawat B = 3371,6 m
 Golongan Pesawat C = 4145,6 m
 Golongan Pesawat D = 4584,6 m

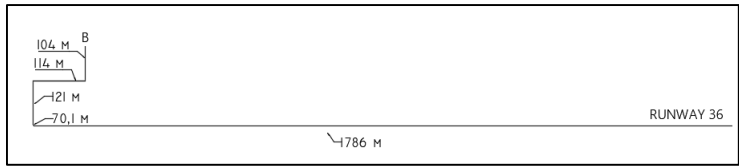
Rekapitulasi Jarak dari *Runway* ke *apron* untuk berbagai tipe golongan pesawat dengan menggunakan *layout* sisi udara tahun tahun eksisting. Untuk perhitungan jarak pada sisi udara eksisting (2019), akan disajikan pada gambar 4.48 yang merupakan pesawat yang *landing* dari *runway* 18, dan gambar 4.49 ; 4.50 merupakan perhitungan untuk pesawat yang akan *landing* dari *runway* 36.



Gambar 4. 48 Jarak dari Runway ke Apron dari arah Runway 18



Gambar 4. 49 Jarak dari Runway ke Apron dari arah Runway 36 untuk pesawat kelas D & C



Gambar 4. 50 Jarak dari Runway ke Apron dari arah Runway 36 untuk pesawat kelas B

Rekapitulasi Jarak dari *Runway* ke *apron* untuk berbagai tipe golongan pesawat dengan menggunakan *layout* sisi udara eksisting tahun 2019 :

- Dari *Runway* 18
 - Golongan Pesawat B = 4817,4 m
 - Golongan Pesawat C = 4698,5 m
 - Golongan Pesawat D = 4786,5 m
 - Dari *Runway* 36
 - Golongan Pesawat B = 2195,6 m
 - Golongan Pesawat C = 2582,7 m
 - Golongan Pesawat D = 2484,7 m
- c. Jenis Engine dan Jumlah Engine
- Dalam perhitungan tingkat konsumsi bahan bakar, tipe engine dan jumlah engine dari pesawat rencana dibutuhkan karena berpengaruh kepada kemampuan gaya *thrust* dan tingkat konsumsi bahan bakarnya. Untuk pesawat Boeing 737-900ER rencana memiliki (n Engine) 2 engine dengan tipe engine nya adalah CFM56-7B27
- d. Engine Spesific Fuel Consumption
- Specific fuel consumption adalah rasio perbandingan total konsumsi bahan bakar terhadap tahap gaya dorong (*thrust*) yang dihasilkan dari jet engine setiap tipe pesawat. Nilai

SFC memiliki nilai yang berbeda tergantung jenis mesin yang digunakan. Nilai SFC diperoleh dari jet engine katalog.

4.6.2. Perhitungan Kecepatan Taxiing

Untuk perhitungan kecepatan dalam taxiing, digunakan rumusan yang sama pada pembahasan sebelumnya (sub bab 3.10.1). Dalam perencanaan kali ini dipakai kecepatan taxiing ($V_{Taxiing}$) adalah 30mph atau sebesar 13,4 m/s

4.6.3. Perhitungan Gaya Thrust

Untuk menganalisis tingkat penambahan penggunaan bahan bakar pesawat pada runway hingga apron, terlebih dahulu diperhitungkan sebuah acuan dalam perhitungan yakni memperhitungkan penambahan tingkat konsumsi bahan bakar.

Perumusan untuk perhitungan Gaya Thrust sudah di jelaskan pada persamaan 3.38 dan 3.39, digunakan rumusan energy mekanik sebagai rumus dasar analisis yang akan menghasilkan besaran gaya *thrust* yang akan dikeluarkan oleh engine pesawat. Berikut contoh perhitungan untuk pesawat Boeing 737-900ER yang akan landing dari arah *runway* 18 menuju apron nomor 8 menggunakan layout sisi udara tahun 2030 adalah sebagai berikut :

$$\frac{1}{2}mv^2 + mgh + f \cdot s = F_{thrust} \cdot S$$

$$F_{thrust} = \frac{\frac{1}{2}mv^2 + mgh + f \cdot s}{S}$$

Data yang didapatkan :

Jenis Pesawat	=	Boeing 737-900ER
Tipe Mesin	=	CFM56-7B27
Jumlah Mesin	=	2
M_{mlw}	=	71350 kg
Θ	=	$1,5^0$
V	=	14,3 m/s
G	=	$9,81 \text{ m/s}^2$
L horizontal	=	4786,5 m (Pesawat B739 landing dari arah <i>runway</i> 18, dan taxiing menuju <i>apron</i> nomor 8 menggunakan layout sisi udara tahun 2030)
μ	=	0,34

Jarak bidang vertical (ketinggian)

$$h = \tan \Theta \cdot L \text{ horizontal}$$

$$h = \tan 1,5 \cdot 4786,5 \text{ m}$$

$$h = 125,339 \text{ m}$$

Jarak bidang diagonal

$$S = \sqrt{h^2 + L^2}$$

$$S = \sqrt{83,8395^2 + 4786,5^2}$$

$$S = 4788,14 \text{ m}$$

Gaya gesekan perkerasan

$$f = mg \cdot \sin \theta \cdot \mu$$

$$f = 71400 \times 9,81 \sin 1,5 \cdot 0,34$$

$$f = 6233,98 \text{ N}$$

Gaya Thrust yang dihasilkan

$$F_{thrust} = \frac{\frac{1}{2}mv^2 + mgh + f \cdot s}{s}$$

$$F_{thrust} = \frac{\frac{1}{2} \times 71400 \times (14,3)^2 + 71400 \times 9,81 \times 125,339 + 6233,98 \times 4788,14}{4788,14}$$

$$F_{thrust} = 26314,6 \text{ N}$$

$$F_{thrust} = 5915,75 \text{ lbf}$$

4.6.4. Perhitungan Tingkat Konsumsi Bahan Bakar

Setelah mendapatkan gaya thrust yang dibutuhkan pesawat, selanjutnya adalah memperhitungkan tingkat penggunaan bahan bakar avtur. Dalam perhitungan bahan bakar ini digunakan variabel specific fuel consumption dari setiap mesin pesawat untuk mencari nilai dari bahan bakar yang dinyatakan dalam satuan pounds (lbs). analisis dan perhitungan tingkat konsumsi bahan bakar tiap pesawat ini menggunakan rumusan sebagai berikut:

$$M_{fc} = F_{thrust} \cdot SFC \cdot t$$

$$t = \frac{s}{v}$$

Dengan diketahui data sebagai berikut :

Jenis Pesawat	=	Boeing 737-900ER
Tipe Mesin	=	CFM56-7B27
Jumlah Mesin	=	2
F_{thrust}	=	5915,75 lbf
SFC	=	0,38 lb/h
s	=	4788,14 m
v	=	14,3 m/s

Waktu tempuh pesawat di *runway* dan *taxiway*

$$t = \frac{s}{v}$$

$$t = \frac{4788,14}{14,3}$$

$$t = 312,95 \text{ seconds} = 0,08693 \text{ hour}$$

Perhitungan konsumsi bahan bakar

$$M_{fc} = F_{thrust} \times SFC \times t$$

$$M_{fc} = 5915,75 \text{ lbf} \times 0,38 \text{ lb/h} \times 0,08693 \text{ h}$$

$$M_{fc} = 195,419 \text{ lbf}$$

4.6.5. Perhitungan Biaya Pertambahan Konsumsi Bahan Bakar

Dari tahapan sebelumnya, sudah diperhitungkan jumlah bahan bakar yang digunakan, untuk tahapan selanjutnya adalah memperhitungkan jumlah biaya yang dibutuhkan akibat dari pertambahan fasilitas sisi udara bandara SSK-II. bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar jenis avtur A-1 dengan harga satuan diambil dari website resmi Pertamina untuk penerbangan sipil.

Pertamina Posting Price

Search Airport :

 +

**Airport : Sultan Syarif Kasim II
Pekanbaru, Indonesia (PKU)**

Jet A-1 Prices

Into Aircraft Delivery * :9,570.00 IDR per litre / 69.10 US Cent per litre
 Not Into Aircraft Delivery *:9,570.00 IDR per litre / 69.10 US Cent per litre
 Packaged product * :2,544,000.00 IDR per Drum

Avgas Price

Packaged product * :0.00 IDR per Drum

Methmix Price

Packaged product * :0.00 IDR per litre

Gambar 4. 51 Harga Satuan Avtur Tipe Jet A-1

Sumber :

<https://www.pertamina.com/aviation/News.aspx?p=price>

Berdasarkan harga dari PT Pertamina Aviation, diperoleh harga bahan bakar avtur tipe Jet A-1 untuk bandara Sultan Syarif Kasim-II adalah Rp. 9.570,00 per liter. Maka nilai konsumsi bahan bakar yang pada perhitungan memiliki satuan pounds (lbs) harus dikonversikan ke liter. Kemudian dilanjutkan untuk perhitungan konsumsi bahan bakar yang digunakan.

$$Vfc = \frac{Mfc}{\rho \text{ avtur}}$$

$$Nfc = Vfc \times HS \text{ avtur}$$

Dimana :

Jenis Pesawat = Boeing 737-900ER

ρ avtur	=	massa jenis avtur (0,804 kg/L= 1,7725 lbs/L)
M_{fc}	=	494,167 lbf
V_{fc}	=	volume konsumsi bahan bakar (liter)
HS_{avtur}	=	harga satuan avtur per liter (Rp 9.570,-/L)

Maka, Volume konsumsi bahan bakar :

$$V_{fc} = \frac{M_{fc}}{\rho \text{ avtur}}$$

$$V_{fc} = \frac{195,419 \text{ lbs}}{1,7725 \text{ lbs/L}}$$

$$V_{fc} = 110,25 \text{ L}$$

Konsumsi Bahan Bakar

$$N_{fc} = V_{fc} \times HS \text{ avtur}$$

$$N_{fc} = 110,25 \text{ L} \times Rp. 9570, -$$

$$N_{fc} = Rp. 1.055.096, -$$

Maka, kesimpulan dari perhitungan diatas adalah, untuk pesawat rencana Boeing 737-900ER yang akan *landing* dari *runway* 18, dan menuju apron nomor 8, pada *layout* sisi udara rencana tahun 2030, akan memerlukan kebutuhan bahan bakar sekitar Rp. 1.055.096,-.

Dan juga pada kondisi eksisting (tahun 2019), disimulasikan juga kebutuhan bahan bakar, sehingga dilihat selisih dari kebutuhan bahan bakar dari kondisi eksisting ke layout sisi udara tahun 2030.

Pada tabel 4.78 – 4.81 ditunjukkan hasil dari perhitungan kebutuhan bahan bakar yang disimulasikan dari *landing* hingga menuju *apron*. Untuk tabel 4.78 – 4.79, merupakan perhitungan pada *layout* sisi udara tahun 2030, dan untuk tabel 4.80 – 4.81, merupakan perhitungan pada *layout* sisi udara eksisting (tahun 2019)

Tabel 4. 78 Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar Tahun 2030 dari *runway 18*

Tipe Pesawat	MLW (kg)	L (m)	n Engine buah	V Taxiing m/s	θ (°)	μ	h (m)	s (m)	f (N)	F Thrust		t		SFC	Mfc	Vfc	Nfc
										N	lbf	sec	hr		lbf	lbf	Rp
ATR 72	22350	4817,4	2	15,3	1,5	0,34	126,1481	4819,051	1951,392	8233,616	1850,99	314,9707	0,087492	0,3	48,58398	27,40986	Rp 262.312
A320	57500	4698,5	2	15,3	1,5	0,34	123,0346	4700,111	5020,359	21218,02	4770,001	307,1968	0,085332	0,33	134,3218	75,78099	Rp 725.224
B738	65317	4698,5	2	15,3	1,5	0,34	123,0346	4700,111	5702,866	24102,56	5418,472	307,1968	0,085332	0,37	171,0774	96,51759	Rp 923.673
B739	71400	4786,5	2	15,3	1,5	0,34	125,3389	4788,141	6233,976	26314,56	5915,748	312,9504	0,086931	0,38	195,4188	110,2504	Rp 1.055.096

Tabel 4. 79 Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar Tahun 2030 dari *runway 36*

Tipe Pesawat	MLW (kg)	L (m)	n Engine buah	V Taxiing m/s	θ (°)	μ	h (m)	s (m)	f (N)	F Thrust		t		SFC	Mfc	Vfc	Nfc
										N	lbf	sec	hr		lbf	lbf	Rp
ATR 72	22350	2195,6	2	15,3	1,5	0,34	57,49381	2196,353	1951,392	8881,825	1996,714	143,5525	0,039876	0,3	23,8861	13,47594	Rp 128.965
A320	57500	2582,7	2	15,3	1,5	0,34	67,63038	2583,585	5020,359	22391,06	5033,711	168,8618	0,046906	0,33	77,9168	43,9587	Rp 420.685
B738	65317	2582,7	2	15,3	1,5	0,34	67,63038	2583,585	5702,866	25435,08	5718,033	168,8618	0,046906	0,37	99,23783	55,98749	Rp 535.800
B739	71400	2484,7	2	15,3	1,5	0,34	65,06416	2485,552	6233,976	27931,44	6279,237	162,4544	0,045126	0,38	107,6761	60,74816	Rp 581.360

Tabel 4. 80 Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar Eksisting Tahun 2019 dari *runway 18*

Tipe Pesawat	MLW (kg)	L (m)	n Engine buah	V Taxiing m/s	θ (°)	μ	h (m)	s (m)	f (N)	F Thrust		t		SFC	Mfc	Vfc	Nfc
										N	lbf	sec	hr		lbf	lbf	Rp
ATR 72	22350	3201,7	2	15,3	1,5	0,34	83,83947	3202,798	1951,392	8507,551	1912,574	209,3332	0,058148	0,3	33,36376	18,823	Rp 180.136
A320	57500	3610,7	2	15,3	1,5	0,34	94,54951	3611,938	5020,359	21649,41	4866,981	236,0744	0,065576	0,33	105,3222	59,42014	Rp 568.651
B738	65317	3610,7	2	15,3	1,5	0,34	94,54951	3611,938	5702,866	24592,6	5528,637	236,0744	0,065576	0,37	134,1424	75,67978	Rp 724.255
B739	71400	4366,7	2	15,3	1,5	0,34	114,3461	4368,197	6233,976	26482,35	5953,469	285,5031	0,079306	0,38	179,4163	101,2222	Rp 968.696

Tabel 4. 81 Perhitungan Kebutuhan Bahan Bakar Eksisting Tahun 2019 dari *runway 36*

Tipe Pesawat	MLW (kg)	L (m)	n Engine buah	V Taxiing m/s	θ (°)	μ	h (m)	s (m)	f (N)	F Thrust		t		SFC	Mfc	Vfc	Nfc
										N	lbf	sec	hr		lbf	lbf	Rp
ATR 72	22350	3371,6	2	15,3	1,5	0,34	88,28845	3372,756	1951,392	8466,393	1903,321	220,4416	0,061234	0,3	34,96425	19,72595	Rp 188.777
A320	57500	4145,6	2	15,3	1,5	0,34	108,5564	4147,021	5020,359	21408,99	4812,933	271,0471	0,075291	0,33	119,5821	67,46521	Rp 645.642
B738	65317	4145,6	2	15,3	1,5	0,34	108,5564	4147,021	5702,866	24319,5	5467,241	271,0471	0,075291	0,37	152,3043	85,92628	Rp 822.315
B739	71400	4584,6	2	15,3	1,5	0,34	120,052	4586,172	6233,976	26391,42	5933,027	299,7498	0,083264	0,38	187,7225	105,9083	Rp 1.013.543

Setelah diketahui kebutuhan bahan bakar untuk tahun rencana dan eksisting, maka dilihat selisih kebutuhan biaya bahan bakar untuk mengetahui kebutuhan biaya bahan bakar akibat perubahan *layout* sisi udara tahun 2030. Tabel 4.82 merupakan selisih dari kebutuhan bahan bakar untuk pesawat yang akan landing dari *runway* 18, sedangkan tabel 4.83 merupakan selisih dari kebutuhan bahan bakar untuk pesawat yang akan landing dari *runway* 36.

Tabel 4. 82 Selisih Kebutuhan Bahan Bakar tahun rencana dan eksisting dari *runway* 18

Tipe Pesawat	Nfc		Selisih
	2019	2030	
ATR 72	Rp 262.312	Rp 180.136	Rp 82.176
A320	Rp 725.224	Rp 568.651	Rp 156.573
B738	Rp 923.673	Rp 724.255	Rp 199.418
B739	Rp 1.055.096	Rp 968.696	Rp 86.400

Tabel 4. 83 Selisih Kebutuhan Bahan Bakar tahun rencana dan eksisting dari *runway* 36

Tipe Pesawat	Nfc		Selisih
	2019	2030	
ATR 72	Rp 128.965	Rp 188.777	Rp 59.813
A320	Rp 420.685	Rp 645.642	Rp 224.957
B738	Rp 535.800	Rp 822.315	Rp 286.514
B739	Rp 581.360	Rp 1.013.543	Rp 432.183

Dari hasil perhitungan kebutuhan bahan bakar, didapatkan hasil bahwa, pada perencanaan sisi udara tahun 2030, pesawat yang akan landing di *runway* 18, akan lebih hemat bahan bakar jika menggunakan *layout* eksisting, dikarenakan pesawat yang turun langsung keluar menuju *exit taxiway* tanpa memutar balik menggunakan *runway turnpad*. Namun, bila pesawat yang akan landing di *runway* 36, akan lebih hemat bahan bakar jika menggunakan *layout* tahun 2030, dikarenakan pada tahun 2030

didesain pesawat untuk langsung keluar dari *runway* menggunakan *rapid exit taxiway* dan menuju *apron*, dibandingkan dengan layout eksisting yang harus memutar ke ujung *runway* lewat *runway turnpad*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Adapun hal-hal yang dapat disimpulkan dalam analisis data dan perhitungan dalam tugas akhir ini antara lain:

1. Pada perhitungan kapasitas *runway* eksisting bandara SSK-II, didapatkan hasil untuk perhitungan matematis untuk operasi campuran adalah 15 operasi/jam. Untuk perhitungan FAA, Keadaan IFR adalah 76 operasi/jam, dan keadaan VFR adalah 58 operasi/jam. Dimana untuk tahun 2019, bandara SSK-II mempunyai 9 Operasi/Jam dalam keadaan peak hour, yang berarti tahun 2019 belum dibutuhkan untuk pengembangan sisi udara lebih lanjut karena kapasitas *runway* masih dapat menampung kebutuhan penerbangan.
2. Pada perhitungan peramalan pergerakan pesawat pada tahun 2030 menggunakan regresi linier, terdapat 106.565 Pesawat Per Tahun, dan dirumuskan untuk mendapatkan komposisi di jam puncak sebesar 34 Pesawat Per Jam. Untuk peramalan penumpang tahun 2030 menggunakan regresi linier diketahui pada tahun 2030 terdapat 6.005.879, yang mengindikasikan bahwa benar terjadi peningkatan penumpang menjadi 5 juta atau lebih di tahun 2030 sesuai dengan Hierarki Kemandarudaraan tahun 2030 Bandara SSK-II.
3. Pada perhitungan kapasitas *runway* rencana bandara SSK-II, didapatkan hasil untuk perhitungan matematis untuk operasi campuran adalah 15 operasi/jam. Untuk perhitungan FAA, Keadaan IFR adalah 74 operasi/jam, dan keadaan VFR adalah 58 operasi/jam. Dimana untuk tahun 2030, bandara SSK-II mempunyai 34 operasi/jam, dalam keadaan peak hour, yang berarti tahun 2030 dibutuhkan untuk pengembangan sisi udara

lebih lanjut karena kapasitas *runway* sudah tidak dapat menampung kebutuhan penerbangan.

4. Berdasarkan analisis fasilitas sisi udara tahun 2030, didapatkan pesawat rencana, yakni pesawat terbesar yang beroperasi di bandara SSK-II, yakni Boeing 737-900ER, dan untuk geometrik sisi udara tahun 2030 didapatkan dimensi *runway* + *shoulder* (3200m x 60m), dimensi lebar *taxiway* + *shoulder* 38m dan untuk lokasi *exit taxiway* adalah sepanjang 2680m dari arah *runway* 18 dan 36 berbentuk sudut 30^0 , dan dimensi *apron* (1702m x 135m).
5. Berdasarkan kontrol kapasitas *runway*, menggunakan ROT (*Runway Occupancy Time*), didapatkan hasil pada pergerakan jam sibuk tahun 2030 sebesar 1081,62 detik. Maka, perencanaan ulang sisi udara tahun 2030 sudah cukup untuk menampung pesawat pada jam sibuk tahun 2030.
6. Berdasarkan analisis kebutuhan bahan bakar dinyatakan bahwa tahun 2030, kebutuhan bahan bakar untuk pesawat rencana Boeing 737-900ER yang disimulasikan akan *landing* dari *runway* 36 menuju *apron* pada *layout* sisi udara tahun 2030 adalah sebesar Rp. 1.013.543,-. Sedangkan, pada *layout* eksisting sebesar Rp. 581.360,-. Maka, dapat disimpulkan bahwa terjadi kenaikan kebutuhan bahan bakar seiring berkembangnya fasilitas sisi udara untuk pesawat rencana Boeing 737-900ER terjadi kenaikan bahan bakar sebesar Rp. 432.183,-.

5.2. Saran

Adapun saran untuk pengerjaan tugas akhir ini, agar tugas akhir ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan penambahan sebagai berikut :

1. Perhitungan perkerasan sisi udara baik *runway*, *taxiway*, dan *apron*, agar dapat mengetahui berapa tebal perkerasan pada sisi udara.

2. Perhitungan sisi darat (*landside*) belum dilakukan pada tugas akhir ini, untuk memenuhi hierarki 2030 juga dilakukan untuk memenuhi kebutuhan penumpang di tahun 2030.
3. Pada perhitungan peramalan, masih digunakan untuk satu metode saja, mungkin bisa dikaitkan dengan beberapa metode yang lain dan dicari hasil yang paling kritis.
4. Pada tugas akhir ini, tidak mencari arah angin dominan, sehingga untuk kedepannya bisa dicari terlebih dahulu sebelum merencanakan fasilitas sisi udara.
5. Dengan adanya kebutuhan bahan bakar untuk *layout* 2030 yang masih merugi, maka masih dibutuhkan desain alternatif *layout* sisi udara dengan melakukan simulasi pergerakan pesawat.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Ardiansyah, M. I. & Ahyudanari, E., 2017. *Perbandingan Kinerja Pelayanan Self Check-in Dengan Check-in Konvensional Untuk Maskapai Citilink dan Airasia di Bandar Udara Internasional Juanda Surabaya*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Arifanto, F. & Ahyudanari, E., 2018. *Perancangan Kesesuaian Kelandaian Holding Position dan Exit Taxiway Terhadap Kemungkinan Terjadinya Sliding dan Bertambahnya Konsumsi Bahan Bakar Pesawat*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Ashford, N. J., Mumayiz, S. A. & Wright, P. H., 2011. *Airport Engineering Planning, Design, and Development Of 21st Century Airports*. Canada: John Wiley & Sons Inc..

Defiani, A., 2012. The Capacity And Circulation of Passenger Terminal Building in Regional Airport (Case: Minangkabau and Adisutjipto International Airport of Indonesia). *Civil Engineering Forum*, pp. Vol. XXI/2-May-2012.

DPR RI, K. V., 2019. *Laporan Kunjungan Kerja Komisi VII DPR RI Ke Provinsi Riau*, Jakarta: Komisi VII Dewan Perwakilan Rakyat Indonesia.

Fatchitah, L. & Ahyudanari, E., 2017. *Analisis Dampak Delay yang Terjadi Pada Runway, Apron dan Ruang Udara Terhadap Operasional Pesawat (Studi Kasus : Bandara Internasional Juanda)*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Fatchiyah, L., Ahyudanari, E. & Kuswanto, H., 2014. *Evaluasi Pengaruh Variasi Metode Peramalan Terhadap Perencanaan*

Fasilitas Terminal Penumpang Domestik Bandara Internasional Juanda (Metode: ARIMA dan Regresi Dummy), Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Horonjeff, R., McKelvey, F. X., Sproule, W. J. & Young, S. B., 2011. *Planning & Design Of Airports Fifth Edition*. New York: John Wiley & Som, Inc.

ICAO, 2001. *Air Traffic Management - Procedures For Air Navigation Services Doc 4444 ATM/501*, s.l.: International Civil Aviation Organization.

Indonesia, M. P. R., 2013. *Peraturan Menteri Perhubungan Nomor : PM 69 Tahun 2013 Tentang Tata nana Kbandarudaraan Nasional*. Jakarta: Menteri Perhubungan Republik Indonesia.

Mas Oka, I. G. A. A., 2010. *Analisis Perhitungan Kapasitas Runway Bandar Udara Soekarno Hatta*, Jakarta: Jurnal Ilmiah Aviasi Langit Biru.

Mas Oka, I. G. A. A. & Eriyandi, 2013. Perhitungan Kapasitas Jenuh Runway Bandar Udara Soekarno-Hatta Berdasarkan Metode Dari Federal Aviarion Administration. *Jurnal Aviasi Langit Biru*, p. Volume 6.

Nasution, M. N., 2004. *Manajemen Transportasi*. Jakarta: Ghalia Indonesia.

Pekanbaru, P. K., 2018. *Wilayah Geografis*. [Online] Available at: <http://pekanbaru.go.id/p/hal/wilayah-geografis>

Primashanti, E. N. & Ahyudanari, E., 2017. *Perencanaan Fasilitas Sisi Udara Terminal 3 Bandar Udara Juanda*, Surabaya, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

RI, D. & Indonesia, P. R., 2009. *Undang Undang Republik Indonesia No. 1 Tahun 2009*. Jakarta: s.n.

Udara, D. P. D. J. P., 2005. *SKEP/77/VI/2005 Tentang Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara*, Jakarta: Direktorat Jenderal Perhubungan Udara.

Ulmi, E. I. & Ahyudanari, E., 2019. *Pengaruh Rencana Induk Bandar Udara di Provinsi Kalimantan Selatan Terhadap Jumlah Penumpang Angkutan Udara Pada Tahun 2020 Dan 2030*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Wicahyani, D. A. & Ahyudanari, E., 2019. *Evaluasi Fasilitas Sisi Udara Bandara Halim Perdanakusuma, Jakarta Timur*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Wicaksono, A. A. & Ahyudanari, E., 2018. *Perencanaan Fasilitas Sisi Udara Pada Bandara Internasional Ahmad Yani Semarang*, Surabaya: Intstitut Teknologi Sepuluh Nopember.

Widjaja, D. D. & Ahyudanari, E., 2017. *Evaluasi Potensi Terjadinya Delay Pada Sisi Udara Bandara Internasional Juanda Untuk 5 dan 10 Tahun Mendatang*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1. Keberangkatan Selasa, 22-Oktober-2019

DEPARTURE TUESDAY (22 OCT 2019)				
No.	FLIGHT	TIME	DESTINATION	TYPE
1	IW 1759	06.00	PLM	ATR 72
2	JT 393	06.05	CGK	B739
3	IW 1724	06.10	TNJ	ATR 72
4	ID 7064	06.20	CGK	A320
5	JT 983	06.30	SUB	B738
6	JT 913	06.30	KJT	B738
7	IW 1281	07.20	DJB	ATR 72
8	CTV 782	07.45	JOG	A320
9	ID 6851	08.25	CGK	A320
10	JT 125	09.20	KNO	B739
11	CTV 814	09.25	BDO	A320
12	JT 124	09.40	JOG	B739
13	JT 279	09.40	JOG	B739
14	AK 430	10.55	KUL	A320
15	GA 175	11.05	CGK	B738
16	JT 236	11.40	BTH	B739
17	JT 391	11.55	CGK	B739
18	CTV 933	12.00	BTH	A320
19	MXD 311	12.20	MKZ	ATR 72
20	ID 6855	12.20	CGK	A320
21	JT 141	12.35	KNO	B739
22	GA 177	13.00	CGK	B738
23	CTV 937	13.10	CGK	A320
24	SJ 27	13.10	KNO	B738
25	JT 291	13.35	CGK	B739
26	CTV 929	14.05	KNO	A320
27	IW 1278	14.25	DUM	ATR 72
28	CTV 935	15.00	BTH	A320
29	IW 1760	15.35	PDG	ATR 72
30	ID 7066	16.00	HLP	A320
31	ID 6857	16.00	CGK	A320
32	AK 429	16.15	KUL	A320
33	GA 179	16.35	CGK	B738
34	ID 6849	17.00	CGK	A320
35	JT 234	18.15	BTH	B739
36	JT 295	18.25	CGK	B739
37	JT 294	18.25	KNO	B739
38	ID 6853	19.30	CGK	A320
39	CTV 939	20.15	CGK	A320

Lampiran 2. Kedatangan Selasa, 22-Oktober-2019

ARRIVAL TUESDAY (22 OCT 2019)				
No.	FLIGHT	TIME	ORIGIN	TYPE
1	CTV 936	07.15	CGK	A320
2	ID 6856	07.35	CGK	A320
3	JT 124	08.40	KNO	B739
4	CTV 928	08.55	KNO	A320
5	JT 276	09.00	JOG	B739
6	GA 172	10.20	CGK	B738
7	AK 431	10.30	KUL	A320
8	JT 237	10.50	BTH	B739
9	JT 390	11.25	CGK	B739
10	CTV 932	11.30	BTH	A320
11	ID 6852	11.40	CGK	A320
12	ID 6267	11.40	CGK	A320
13	JT 140	11.55	KNO	B739
14	MXD 310	11.55	MKZ	ATR 72
15	GA 174	12.10	CGK	B738
16	SI 26	12.20	KNO	B738
17	CTV 783	12.40	JOG	A320
18	JT 290	12.55	CGK	B739
19	CTV 815	13.35	BDO	A320
20	IW 1279	14.00	DUM	ATR 72
21	CTV 934	14.25	BTH	A320
22	ID 6584	14.55	CGK	A320
23	ID 7065	15.10	HLP	A320
24	IW 1761	15.10	PDG	ATR 72
25	GA 176	15.50	CGK	B738
26	AK 428	15.50	KUL	A320
27	ID 6848	16.20	CGK	A320
28	JT 294	17.45	CGK	B739
29	JT 295	17.45	KNO	B739
30	JT 235	17.45	BTH	B739
31	ID 6850	18.40	CGK	A320
32	IW 1275	18.45	TNJ	ATR 72
33	JT 982	19.00	SUB	B739
34	CTV 938	19.00	CGK	A320
35	IW 1280	20.25	DJB	ATR 72
36	IW 1758	21.50	PLM	ATR 72
37	ID 7067	22.05	HLP	A320
38	JT 912	22.15	JT	B739
39	JT 296	22.25	CGK	B739

Lampiran 3. Keberangkatan Rabu, 23-Oktober-2019

DEPARTURE WEDNESDAY (23 OCT 2019)				
No.	FLIGHT	TIME	DESTINATION	TYPE
1	IW 1759	06.00	PLM	ATR 72
2	JT 393	06.05	CGK	B739
3	IW 1724	06.10	TNJ	ATR 72
4	ID 7064	06.20	CGK	A320
5	JT 983	06.30	SUB	B739
6	JT 913	06.30	KJT	B739
7	IW 1281	07.20	DJB	ATR 72
8	CTV 782	07.45	JOG	A320
9	AK 426	08.00	KUL	A320
10	ID 6851	08.25	CGK	A320
11	JT 125	09.20	KNO	B739
12	CTV 814	09.25	BDO	A320
13	JT 124	09.40	JOG	B739
14	JT 279	09.40	JOG	B739
15	AK 430	10.55	KUL	A320
16	GA 175	11.05	CGK	B738
17	JT 236	11.40	BTH	B739
18	JT 391	11.55	CGK	B739
19	CTV 933	12.00	BTH	A320
20	MXD 311	12.20	MKZ	ATR 72
21	ID 6855	12.20	CGK	A320
22	JT 141	12.35	KNO	B739
23	GA 177	13.00	CGK	B738
24	CTV 937	13.10	CGK	A320
25	JT 291	13.35	CGK	B739
26	CTV 929	14.05	KNO	A320
27	IW 1278	14.25	DUM	ATR 72
28	CTV 935	15.00	BTH	A320
29	IW 1760	15.35	PDG	ATR 72
30	ID 7066	16.00	HLP	A320
31	ID 6857	16.00	CGK	A320
32	AK 429	16.15	KUL	A320
33	GA 179	16.35	CGK	B738
34	ID 6849	17.00	CGK	A320
35	JT 234	18.15	BTH	B739
36	JT 295	18.25	CGK	B739
37	JT 294	18.25	KNO	B739
38	GA 199	18.55	CGK	B738
39	ID 6853	19.30	CGK	A320
40	CTV 939	20.15	CGK	A320
41	MH 840	20.55	KUL	B738

Lampiran 4. Kedatangan Rabu, 23 Oktober 2019

ARRIVAL WEDNESDAY (23 OCT 2019)				
No.	FLIGHT	TIME	ORIGIN	TYPE
1	CTV 936	07.15	CGK	A320
2	AK 427	07.35	KUL	A320
3	ID 6856	07.35	CGK	A320
4	JT 124	08.40	KNO	B739
5	CTV 928	08.55	KNO	A320
6	JT 276	09.00	JOG	B739
7	GA 172	10.20	CGK	B738
8	AK 431	10.30	KUL	A320
9	JT 237	10.50	BTH	B739
10	JT 390	11.25	CGK	B739
11	CTV 932	11.30	BTH	A320
12	ID 6852	11.40	CGK	A320
13	ID 6267	11.40	CGK	A320
14	JT 140	11.55	KNO	B739
15	MXD 310	11.55	MKZ	ATR 72
16	GA 174	12.10	CGK	B738
17	SJ 26	12.20	KNO	B738
18	MXD 364	12.40	SZB	ATR 72
19	CTV 783	12.40	JOG	A320
20	JT 290	12.55	CGK	B739
21	CTV 815	13.35	BDO	A320
22	IW 1279	14.00	DUM	ATR 72
23	CTV 934	14.25	BTH	A320
24	ID 6584	14.55	CGK	A320
25	ID 7065	15.10	HLP	A320
26	IW 1761	15.10	PDG	ATR 72
27	GA 176	15.50	CGK	B738
28	AK 428	15.50	KUL	A320
29	ID 6848	16.20	CGK	A320
30	JT 294	17.45	CGK	B739
31	JT 295	17.45	KNO	B739
32	JT 235	17.45	BTH	B739
33	GA 178	17.55	CGK	B738
34	ID 6850	18.40	CGK	A320
35	IW 1275	18.45	TNJ	ATR 72
36	JT 982	19.00	SUB	B739
37	CTV 938	19.00	CGK	A320
38	JT 982	19.00	SUB	B739
39	MH 841	19.55	KUL	B738
40	IW 1280	20.25	DJB	ATR 72
41	IW 1758	21.50	PLM	ATR 72
42	ID 7067	22.05	HLP	A320
43	JT 912	22.15	JT	B739
44	JT 296	22.25	CGK	B739

Lampiran 5. Keberangkatan Kamis, 24 Oktober 2019

DEPARTURE THURSDAY (24 OCT 2019)				
No.	FLIGHT	TIME	DESTINATION	TYPE
1	IW 1759	06.00	PLM	ATR 72
2	JT 393	06.05	CGK	B739
3	IW 1724	06.10	TNJ	ATR 72
4	ID 7064	06.20	CGK	A320
5	JT 983	06.30	SUB	B739
6	JT 913	06.30	KJT	B739
7	IW 1281	07.20	DJB	ATR 72
8	CTV 782	07.45	JOG	A320
9	JT 125	08.20	KNO	B739
10	ID 6851	08.25	CGK	A320
11	CTV 814	09.25	BDO	A320
12	JT 141	09.30	KNO	B739
13	JT 124	09.40	JOG	B739
14	JT 279	09.40	JOG	B739
15	AK 430	10.55	KUL	A320
16	GA 175	11.05	CGK	B738
17	JT 236	11.40	BTH	B739
18	TR 253	11.45	SIN	A320
19	JT 391	11.55	CGK	B739
20	CTV 933	12.00	BTH	A320
21	MXD 311	12.20	MKZ	ATR 72
22	ID 6855	12.20	CGK	A320
23	GA 177	13.00	CGK	B738
24	CTV 937	13.10	CGK	A320
25	JT 291	13.35	CGK	B739
26	CTV 929	14.05	KNO	A320
27	IW 1278	14.25	DUM	ATR 72
28	CTV 935	15.00	BTH	A320
29	IW 1760	15.35	PDG	ATR 72
30	ID 6857	16.00	CGK	A320
31	AK 429	16.15	KUL	A320
32	GA 179	16.35	CGK	B738
33	ID 6849	17.00	CGK	A320
34	JT 234	18.15	BTH	B739
35	JT 295	18.25	CGK	B739
36	JT 294	18.25	KNO	B739
37	GA 199	18.55	CGK	B738
38	ID 6853	19.30	CGK	A320
39	CTV 939	20.15	CGK	A320

Lampiran 6. Kedatangan Kamis, 24 Oktober-2019

ARRIVAL THURSDAY (24 OCT 2019)				
No.	FLIGHT	TIME	ORIGIN	TYPE
1	CTV 936	07.15	CGK	A320
2	ID 6856	07.35	CGK	A320
3	JT 124	08.40	KNO	B739
4	JT 140	08.50	KNO	B739
5	CTV 928	08.55	KNO	A320
6	JT 276	09.00	JOG	B739
7	GA 172	10.20	CGK	B738
8	AK 431	10.30	KUL	A320
9	JT 237	10.50	BTH	B739
10	TR 252	10.55	SIN	A320
11	JT 390	11.25	CGK	B739
12	CTV 932	11.30	BTH	A320
13	ID 6852	11.40	CGK	A320
14	ID 6267	11.40	CGK	A320
15	MXD 310	11.55	MKZ	ATR 72
16	GA 174	12.10	CGK	B738
17	SJ 26	12.20	KNO	B738
18	CTV 783	12.40	JOG	A320
19	JT 290	12.55	CGK	B739
20	CTV 815	13.35	BDO	A320
21	IW 1279	14.00	DUM	ATR 72
22	CTV 934	14.25	BTH	A320
23	ID 6584	14.55	CGK	A320
24	ID 7065	15.10	HLP	A320
25	IW 1761	15.10	PDG	ATR 72
26	GA 176	15.50	CGK	B738
27	AK 428	15.50	KUL	A320
28	ID 6848	16.20	CGK	A320
29	JT 294	17.45	CGK	B739
30	JT 295	17.45	KNO	B739
31	JT 235	17.45	BTH	B739
32	GA 178	17.55	CGK	B738
33	ID 6850	18.40	CGK	A320
34	IW 1275	18.45	TNJ	ATR 72
35	JT 982	19.00	SUB	B739
36	CTV 938	19.00	CGK	A320
37	JT 982	19.00	SUB	B739
38	IW 1280	20.25	DJB	ATR 72
39	IW 1758	21.50	PLM	ATR 72
40	ID 7067	22.05	HLP	A320
41	JT 912	22.15	JT	B739
42	JT 296	22.25	CGK	B739

Lampiran 7. Keberangkatan Jumat, 25-Oktober-2019

DEPARTURE FRIDAY (25 OCT 2019)				
No.	FLIGHT	TIME	DESTINATION	TYPE
1	IW 1759	06.00	PLM	ATR 72
2	JT 393	06.05	CGK	B739
3	IW 1724	06.10	TNJ	ATR 72
4	ID 7064	06.20	CGK	A320
5	JT 983	06.30	SUB	B739
6	JT 913	06.30	KJT	B739
7	IW 1281	07.20	DJB	ATR 72
8	CTV 782	07.45	JOG	A320
9	AK 426	08.00	KUL	A320
10	ID 6851	08.25	CGK	A320
11	MXD 363	09.00	SZB	ATR 72
12	JT 125	09.20	KNO	B739
13	CTV 814	09.25	BDO	A320
14	JT 124	09.40	JOG	B739
15	JT 279	09.40	JOG	B739
16	AK 430	10.55	KUL	A320
17	GA 175	11.05	CGK	B738
18	JT 236	11.40	BTH	B739
19	JT 391	11.55	CGK	B739
20	CTV 933	12.00	BTH	A320
21	JT 141	12.35	KNO	B739
22	GA 177	13.00	CGK	B738
23	CTV 937	13.10	CGK	A320
24	JT 291	13.35	CGK	B739
25	CTV 929	14.05	KNO	A320
26	IW 1278	14.25	DUM	ATR 72
27	CTV 935	15.00	BTH	A320
28	IW 1760	15.35	PDG	ATR 72
29	ID 6857	16.00	CGK	A320
30	ID 7066	16.00	HLP	A320
31	AK 429	16.15	KUL	A320
32	GA 179	16.35	CGK	B738
33	ID 6849	17.00	CGK	A320
34	TR 253	17.45	SIN	A320
35	JT 234	18.15	BTH	B739
36	JT 295	18.25	CGK	B739
37	JT 294	18.25	KNO	B739
38	GA 199	18.55	CGK	B738
39	ID 6853	19.30	CGK	A320
40	CTV 939	20.15	CGK	A320

Lampiran 8. Kedatangan Jumat, 25-Oktober-2019

ARRIVAL FRIDAY (25 OCT 2019)				
No.	FLIGHT	TIME	ORIGIN	TYPE
1	CTV 936	07.15	CGK	A320
2	AK 427	07.35	KUL	A320
3	ID 6856	07.35	CGK	A320
4	MXD 362	08.30	SZB	ATR 72
5	JT 124	08.40	KNO	B739
6	CTV 928	08.55	KNO	A320
7	JT 276	09.00	JOG	B739
8	GA 172	10.20	CGK	B738
9	AK 431	10.30	KUL	A320
10	JT 237	10.50	BTH	B739
11	JT 390	11.25	CGK	B739
12	CTV 932	11.30	BTH	A320
13	ID 6852	11.40	CGK	A320
14	ID 6267	11.40	CGK	A320
15	MXD 310	11.55	MKZ	ATR 72
16	JT 140	11.55	KNO	B739
17	GA 174	12.10	CGK	B738
18	SJ 26	12.20	KNO	B738
19	CTV 783	12.40	JOG	A320
20	JT 290	12.55	CGK	B739
21	CTV 815	13.35	BDO	A320
22	IW 1279	14.00	DUM	ATR 72
23	CTV 934	14.25	BTH	A320
24	ID 6584	14.55	CGK	A320
25	ID 7065	15.10	HLP	A320
26	IW 1761	15.10	PDG	ATR 72
27	GA 176	15.50	CGK	B738
28	AK 428	15.50	KUL	A320
29	ID 6848	16.20	CGK	A320
30	JT 294	17.45	CGK	B739
31	JT 295	17.45	KNO	B739
32	JT 235	17.45	BTH	B739
33	GA 178	17.55	CGK	B738
34	ID 6850	18.40	CGK	A320
35	IW 1275	18.45	TNJ	ATR 72
36	JT 982	19.00	SUB	B739
37	CTV 938	19.00	CGK	A320
38	IW 1280	20.25	DJB	ATR 72
39	IW 1758	21.50	PLM	ATR 72
40	ID 7067	22.05	HLP	A320
41	JT 912	22.15	JT	B739
42	JT 296	22.25	CGK	B739

Lampiran 9. Keberangkatan Sabtu, 26-Oktober-2019

DEPARTURE SATURDAY (26 OCT 2019)				
No.	FLIGHT	TIME	DESTINATION	TYPE
1	IW 1759	06.00	PLM	ATR 72
2	JT 393	06.05	CGK	B739
3	IW 1724	06.10	TNJ	ATR 72
4	ID 7064	06.20	CGK	A320
5	JT 983	06.30	SUB	B739
6	JT 913	06.30	KJT	B739
7	IW 1281	07.20	DJB	ATR 72
8	CTV 782	07.45	JOG	A320
9	ID 6851	08.25	CGK	A320
10	JT 125	09.20	KNO	B739
11	CTV 814	09.25	BDO	A320
12	JT 124	09.40	JOG	B739
13	JT 279	09.40	JOG	B739
14	AK 430	10.55	KUL	A320
15	GA 175	11.05	CGK	B738
16	JT 236	11.40	BTH	B739
17	JT 391	11.55	CGK	B739
18	CTV 933	12.00	BTH	A320
19	ID 6855	12.20	CGK	A320
20	MXD 311	12.20	BTH	ATR 72
21	JT 141	12.35	KNO	B739
22	GA 177	13.00	CGK	B738
23	CTV 937	13.10	CGK	A320
24	JT 291	13.35	CGK	B739
25	CTV 929	14.05	KNO	A320
26	IW 1278	14.25	DUM	ATR 72
27	CTV 935	15.00	BTH	A320
28	IW 1760	15.35	PDG	ATR 72
29	ID 6857	16.00	CGK	A320
30	ID 7066	16.00	HLP	A320
31	AK 429	16.15	KUL	A320
32	GA 179	16.35	CGK	B738
33	ID 6849	17.00	CGK	A320
34	JT 234	18.15	BTH	B739
35	JT 295	18.25	CGK	B739
36	JT 294	18.25	KNO	B739
37	GA 199	18.55	CGK	B738
38	ID 6853	19.30	CGK	A320
39	CTV 939	20.15	CGK	A320

Lampiran 10. Kedatangan Sabtu, 26-Oktober-2019

ARRIVAL SATURDAY (26 OCT 2019)				
No.	FLIGHT	TIME	ORIGIN	TYPE
1	CTV 936	07.15	CGK	A320
2	ID 6856	07.35	CGK	A320
3	JT 124	08.40	KNO	B739
4	CTV 928	08.55	KNO	A320
5	JT 276	09.00	JOG	B739
6	GA 172	10.20	CGK	B738
7	AK 431	10.30	KUL	A320
8	JT 237	10.50	BTH	B739
9	JT 390	11.25	CGK	B739
10	CTV 932	11.30	BTH	A320
11	ID 6852	11.40	CGK	A320
12	ID 6267	11.40	CGK	A320
13	MXD 310	11.55	MKZ	ATR 72
14	JT 140	11.55	KNO	B739
15	GA 174	12.10	CGK	B738
16	SJ 26	12.20	KNO	B738
17	CTV 783	12.40	JOG	A320
18	JT 290	12.55	CGK	B739
19	CTV 815	13.35	BDO	A320
20	IW 1279	14.00	DUM	ATR 72
21	CTV 934	14.25	BTH	A320
22	ID 6584	14.55	CGK	A320
23	ID 7065	15.10	HLP	A320
24	IW 1761	15.10	PDG	ATR 72
25	GA 176	15.50	CGK	B738
26	AK 428	15.50	KUL	A320
27	ID 6848	16.20	CGK	A320
28	JT 294	17.45	CGK	B739
29	JT 295	17.45	KNO	B739
30	JT 235	17.45	BTH	B739
31	GA 178	17.55	CGK	B738
32	ID 6850	18.40	CGK	A320
33	IW 1275	18.45	TNJ	ATR 72
34	JT 982	19.00	SUB	B739
35	CTV 938	19.00	CGK	A320
36	IW 1280	20.25	DJB	ATR 72
37	IW 1758	21.50	PLM	ATR 72
38	ID 7067	22.05	HLP	A320
39	JT 912	22.15	JT	B739
40	JT 296	22.25	CGK	B739

Lampiran 11. Keberangkatan Minggu, 27-Oktober-2019

DEPARTURE SUNDAY (27 OCT 2019)				
No.	FLIGHT	TIME	DESTINATION	TYPE
1	IW 1759	06.00	PLM	ATR 72
2	JT 393	06.05	CGK	B739
3	IW 1724	06.10	TNJ	ATR 72
4	ID 7064	06.20	CGK	A320
5	JT 983	06.30	SUB	B739
6	JT 913	06.30	KJT	B739
7	IW 1281	07.20	DJB	ATR 72
8	CTV 782	07.45	JOG	A320
9	AK 426	08.00	KUL	A320
10	ID 6851	08.25	CGK	A320
11	MXD 363	08.35	SZB	ATR 72
12	JT 125	09.20	KNO	B739
13	CTV 814	09.25	BDO	A320
14	JT 124	09.40	JOG	B739
15	JT 279	09.40	JOG	B739
16	AK 430	10.55	KUL	A320
17	GA 175	11.05	CGK	B738
18	JT 236	11.40	BTH	B739
19	JT 391	11.55	CGK	B739
20	CTV 933	12.00	BTH	A320
21	ID 6855	12.20	CGK	A320
22	MXD 311	12.20	BTH	ATR 72
23	JT 141	12.35	KNO	B739
24	GA 177	13.00	CGK	B738
25	CTV 937	13.10	CGK	A320
26	JT 291	13.35	CGK	B739
27	CTV 929	14.05	KNO	A320
28	IW 1278	14.25	DUM	ATR 72
29	CTV 935	15.00	BTH	A320
30	IW 1760	15.35	PDG	ATR 72
31	AK 428	16.00	KUL	A320
32	ID 6857	16.00	CGK	A320
33	ID 7066	16.00	HLP	A320
34	GA 179	16.35	CGK	B738
35	ID 6849	17.00	CGK	A320
36	TR 253	18.00	SIN	A320
37	JT 234	18.15	BTH	B739
38	JT 295	18.25	CGK	B739
39	JT 294	18.25	KNO	B739
40	GA 199	18.55	CGK	B738
41	ID 6853	19.30	CGK	A320
42	CTV 939	20.15	CGK	A320
43	MH 840	20.55	KUL	B738

Lampiran 12. Kedatangan Minggu, 27-Oktober-2019

ARRIVAL SUNDAY (27 OCT 2019)				
No.	FLIGHT	TIME	ORIGIN	T TYPE
1	CTV 936	07.15	CGK	A320
2	AK 427	07.35	KUL	A320
3	ID 6856	07.35	CGK	A320
4	MXD 362	08.30	SZB	ATR 72
5	JT 124	08.40	KNO	B739
6	CTV 928	08.55	KNO	A320
7	JT 276	09.00	JOG	B739
8	GA 172	10.20	CGK	B738
9	AK 431	10.30	KUL	A320
10	JT 237	10.50	BTH	B739
11	JT 390	11.25	CGK	B739
12	CTV 932	11.30	BTH	A320
13	ID 6852	11.40	CGK	A320
14	ID 6267	11.40	CGK	A320
15	MXD 310	11.55	MKZ	ATR 72
16	JT 140	11.55	KNO	B739
17	GA 174	12.10	CGK	B738
18	SJ 26	12.20	KNO	B738
19	CTV 783	12.40	JOG	A320
20	JT 290	12.55	CGK	B739
21	CTV 815	13.35	BDO	A320
22	IW 1279	14.00	DUM	ATR 72
23	CTV 934	14.25	BTH	A320
24	ID 6584	14.55	CGK	A320
25	ID 7065	15.10	HLP	A320
26	IW 1761	15.10	PDG	ATR 72
27	AK 429	15.35	KUL	A320
28	GA 176	15.50	B738	B738
29	ID 6848	16.20	CGK	A320
30	TR 252	17.20	SIN	A320
31	JT 294	17.45	CGK	B739
32	JT 295	17.45	KNO	B739
33	JT 235	17.45	BTH	B739
34	GA 178	17.55	CGK	B738
35	ID 6850	18.40	CGK	A320
36	IW 1275	18.45	TNJ	ATR 72
37	JT 982	19.00	SUB	B739
38	CTV 938	19.00	CGK	A320
39	MH 841	19.55	KUL	B738
40	IW 1280	20.25	DJB	ATR 72
41	IW 1758	21.50	PLM	ATR 72
42	ID 7067	22.05	HLP	A320
43	JT 912	22.15	JT	B739
44	JT 296	22.25	CGK	B739

Lampiran 13. Keberangkatan Senin, 28-Oktober-2019

DEPARTURE MONDAY (28 OCT 2019)				
No.	FLIGHT	TIME	DESTINATION	TYPE
1	IW 1759	06.00	PLM	ATR 72
2	JT 393	06.05	CGK	B739
3	IW 1724	06.10	TNJ	ATR 72
4	ID 7064	06.20	CGK	A320
5	JT 983	06.30	SUB	B739
6	JT 913	06.30	KJT	B739
7	IW 1281	07.20	DJB	ATR 72
8	CTV 782	07.45	JOG	A320
9	AK 426	08.00	KUL	A320
10	ID 6851	08.25	CGK	A320
11	JT 125	09.20	KNO	B739
12	CTV 814	09.25	BDO	A320
13	JT 124	09.40	JOG	B739
14	JT 279	09.40	JOG	B739
15	AK 430	10.55	KUL	A320
16	GA 175	11.05	CGK	B738
17	JT 236	11.40	BTH	B739
18	JT 391	11.55	CGK	B739
19	TR 253	12.00	SIN	A320
20	CTV 933	12.00	BTH	A320
21	ID 6855	12.20	CGK	A320
22	MXD 311	12.20	BTH	ATR 72
23	JT 141	12.35	KNO	B739
24	GA 177	13.00	CGK	B738
25	CTV 937	13.10	CGK	A320
26	JT 291	13.35	CGK	B739
27	MXD 365	14.05	SZB	ATR 72
28	CTV 929	14.05	KNO	A320
29	IW 1278	14.25	DUM	ATR 72
30	CTV 935	15.00	BTH	A320
31	IW 1760	15.35	PDG	ATR 72
32	AK 428	16.00	KUL	A320
33	ID 6857	16.00	CGK	A320
34	ID 7066	16.00	HLP	A320
35	GA 179	16.35	CGK	B738
36	ID 6849	17.00	CGK	A320
37	JT 234	18.15	BTH	B739
38	JT 295	18.25	CGK	B739
39	JT 294	18.25	KNO	B739
40	GA 199	18.55	CGK	B738
41	ID 6853	19.30	CGK	A320
42	CTV 939	20.15	CGK	A320
43	MH 840	20.55	KUL	B738

Lampiran 14. Kedatangan Senin, 28 Oktober 2019

ARRIVAL MONDAY (28 OCT 2019)				
No.	FLIGHT	TIME	ORIGIN	TYPE
1	CTV 936	07.15	CGK	A320
2	AK 427	07.35	KUL	A320
3	ID 6856	07.35	CGK	A320
4	JT 124	08.40	KNO	B739
5	CTV 928	08.55	KNO	A320
6	JT 276	09.00	JOG	B739
7	GA 172	10.20	CGK	B738
8	AK 431	10.30	KUL	A320
9	JT 237	10.50	BTH	B739
10	TR 252	11.20	SIN	A320
11	JT 390	11.25	CGK	B739
12	CTV 932	11.30	BTH	A320
13	ID 6852	11.40	CGK	A320
14	ID 6267	11.40	CGK	A320
15	MXD 310	11.55	MKZ	ATR 72
16	JT 140	11.55	KNO	B739
17	GA 174	12.10	CGK	B738
18	SJ 26	12.20	KNO	B738
19	CTV 783	12.40	JOG	A320
20	JT 290	12.55	CGK	B739
21	MXD 364	13.20	SZB	ATR 72
22	CTV 815	13.35	BDO	A320
23	IW 1279	14.00	DUM	ATR 72
24	CTV 934	14.25	BTH	A320
25	ID 6584	14.55	CGK	A320
26	ID 7065	15.10	HLP	A320
27	IW 1761	15.10	PDG	ATR 72
28	AK 429	15.35	KUL	A320
29	GA 176	15.50	B738	B738
30	ID 6848	16.20	CGK	A320
31	JT 294	17.45	CGK	B739
32	JT 295	17.45	KNO	B739
33	JT 235	17.45	BTH	B739
34	GA 178	17.55	CGK	B738
35	ID 6850	18.40	CGK	A320
36	IW 1275	18.45	TNJ	ATR 72
37	JT 982	19.00	SUB	B739
38	CTV 938	19.00	CGK	A320
39	MH 841	19.55	KUL	B738
40	IW 1280	20.25	DJB	ATR 72
41	IW 1758	21.50	PLM	ATR 72
42	ID 7067	22.05	HLP	A320
43	JT 912	22.15	JT	B739
44	JT 296	22.25	CGK	B739

Lampiran 15. Jarak dari runway menuju apron

Tahun Eksisting		Tahun 2030	
DARI RUNWAY 18		DARI RUNWAY 18	
Golongan B	4817,4 km	Golongan B	3201,7 km
Golongan C	4698,5 km	Golongan C	3610,7 km
Golongan D	4786,5 km	Golongan D	4366,7 km
DARI RUNWAY 36		DARI RUNWAY 36	
Golongan B	2195,6 km	Golongan B	3371,6 km
Golongan C	2582,7 km	Golongan C	4145,6 km
Golongan D	2484,7 km	Golongan D	4584,6 km

Lampiran 16. Annual Report Angkasa Pura Tahun 2002

Angka-angka pada seluruh tabel dan grafik menggunakan notasi Inggris

Numerical notations in all tables and graphs are in English

AIRPORT	Aircraft Movement			Passengers			Freight (in Tons)		
	2003	2002	Dev.(%)	2003	2002	Dev.(%)	2003	2002	Dev.(%)
Soekarno-Hatta	186,695	144,765	28.96	19,702,902	14,830,994	32.85	310,131	306,252	1.27
Halim Perdanakusuma	30,635	34,189	-10.40	338,360	260,824	29.73	4,144	2,706	53.14
SM Baderuddin II	10,992	9,054	21.40	824,784	567,007	45.46	3,944	3,506	12.49
Supadio	19,196	16,113	19.13	835,546	597,688	39.80	5,155	3,993	29.10
Polonia	36,359	29,894	21.63	2,736,332	2,090,518	30.89	23,487	23,332	0.66
Sultan Syarif Kasim II	22,308	16,230	37.45	1,101,806	675,277	63.16	7,041	5,656	24.49
Tabing	10,032	6,415	56.38	842,492	458,362	83.80	6,564	4,184	56.88
Husein Sastranegara	14,604	9,924	47.16	251,720	154,944	62.46	353	276	27.90
Sultan Iskandarmuda	4,880	2,913	67.52	214,866	150,125	43.12	923	1,463	-36.91
Kijang	2,258	1,706	32.36	28,350	21,247	33.43	67	35	91.43
T o t a l	337,959	271,203	24.61	26,877,158	19,806,986	35.70	361,811	351,403	2.96

Source: PT Angkasa Pura II

Lampiran 17. Annual Report Angkasa Pura Tahun 2004

Perbandingan Total Produksi Lalu Lintas Udara 2004/2005
Comparative Air Traffic Total Production 2004/2005

Airport	Aircraft Movement			Passengers			Freight (in Tonnes)		
	2006	2004	Change (%)	2006	2004	Change (%)	2006	2004	Change (%)
Soekarno-Hatta	241,882	233,501	3.59	27,947,482	26,083,267	7.15	336,113	322,582	4.19
Halim Perdanakusuma	33,720	35,214	-4.24	329,052	390,677	-16.77	6,487	5,389	20.37
SM Badaruddin II	14,018	13,209	6.12	1,310,860	1,123,180	16.71	5,290	4,966	6.52
Supadio	20,151	21,186	-4.89	1,124,225	1,085,019	3.61	7,005	5,874	19.25
Polonia	56,016	44,228	26.65	4,033,073	3,816,337	5.88	31,347	28,084	11.62
Sultan Syarif Kasim II	21,861	23,068	-5.23	1,513,561	1,444,262	4.80	10,954	8,496	29.06
Tabing - Minangkabau	13,996	13,966	0.21	1,361,360	1,328,046	2.51	6,986	6,625	5.45
Husein Sastranegara	14,904	15,603	-4.48	378,419	366,791	3.17	360	289	24.57
Sultan Iskandarmuda	25,143	5,824	347.07	466,900	287,091	62.28	2,134	1,084	96.86
Kijang	1,606	2,179	-26.30	12,319	20,631	-40.29	43	73	-41.10
TOTAL	443,297	407,778	8.71	36,476,271	35,945,901	7.04	406,719	383,452	6.07

Lampiran 18. Annual Report Angkasa Puta Tahun 2006

Bandar Udara Airport	Pergerakan Pesawat Aircraft Movement			Penumpang Passengers			Kargo (dalam Ton) Freight (in Tonnes)		
	2006	2005	Perubahan Change (%)	2006	2005	Perubahan Change (%)	2006	2005	Perubahan Change (%)
Soekarno-Hatta	247,126	241,882	2.17	30,583,957	27,947,482	9.43	371,266	336,113	10.46
Halim Perdanakusuma	34,337	33,720	1.83	228,488	329,052	-30.56	6,671	6,487	2.83
SM Badaruddin II	15,493	14,018	10.52	1,475,676	1,310,880	12.57	6,003	5,290	13.48
Supadio	17,591	20,151	-12.70	1,220,592	1,124,225	8.57	7,726	7,005	10.29
Polonia	50,512	56,016	-9.82	4,597,268	4,033,073	13.99	31,392	31,347	0.14
Sultan Syarif Kasim II	22,668	21,861	3.69	1,756,352	1,513,561	16.04	11,601	10,954	5.91
Tabing - Minangkabau	14,171	13,996	1.25	1,600,331	1,361,360	17.55	9,986	6,986	42.94
Husein Sastranegara	6,524	14,904	-56.23	382,224	378,419	1.00	315	360	-12.5
Sultan Iskandarmuda	9,502	25,143	-62.21	523,958	465,900	12.46	2,170	2,134	1.69
Kijang	2,161	1,606	34.56	18,035	12,319	46.40	38	43	-11.63
TOTAL	420,085	443,297	-5.24	42,386,881	38,476,271	10.16	447,168	406,719	9.94

Lampiran 19. Annual Report Angkaasa Pura Tahun 2007

Bandar Udara Airport	Pergerakan Pesawat Aircraft Movement			Penumpang Passengers			Kargo (dalam Ton) Freight (in Tonnes)		
	2007	2006	Perubahan Change (%)	2007	2006	Perubahan Change (%)	2007	2006	Perubahan Change (%)
Soekarno-Hatta	248.482	247.126	0,95	22.456.946	20.583.957	8,13	464.340	271.266	25,07
Polonia	53.794	50.512	6,50	5.004.398	4.597.268	8,86	32.831	31.292	4,58
Sultan Syarif Kasim II	22.818	22.668	0,66	1.839.322	1.756.352	4,72	11.346	11.601	-2,20
Supadio	17.898	17.591	1,75	1.378.529	1.220.582	12,94	9.017	7.726	16,71
SM Badaruddin II	17.050	15.493	10,11	1.880.013	1.475.676	12,49	8.559	6.003	42,56
Minangkabau	14.995	14.171	5,81	1.752.961	1.600.331	9,54	10.119	9.986	1,33
Husein Sastranegara	6.997	6.524	-1,95	960.858	982.224	-5,59	623	215	97,78
Halim Perdanakusuma	27.681	34.337	-19,38	188.986	228.488	-26,04	3.789	6.671	-43,05
Sultan Thaha	6.585	6.354	3,64	704.110	618.569	13,65	3.902	2.566	52,07
Depati Amir	7.106	6.548	8,52	733.458	625.302	17,30	4.613	2.934	57,23
Sultan Iskandarmuda	7.231	9.502	-23,90	550.042	523.956	4,98	2.291	2.170	10,18
Raja Haji Fisabilillah	2.521	2.161	16,66	43.421	18.035	140,76	135	26	255,26
TOTAL	432.567	432.987	-0,10	48.655.044	43.631.752	6,93	551.675	452.668	21,87

Lampiran 20. Annual Report Angkaasa Pura Tahun 2008

Penumpang							Passengers		
Bandara Airport	Kode Code	Internasional International		Domestik Domestic		Sub Total	Transit Transit		Total Total
		Datang Arrival	Berangkat Departure	Datang Arrival	Berangkat Departure		Internasional International	Domestik Domestic	
Soekarno-Hatta	CGK	3.475.713	3.581.833	11.767.082	11.887.056	30.711.684	136.206	1.393.042	32.240.936
Polonia	MES	472.952	460.977	1.776.224	1.954.697	4.664.850	48	152.002	4.816.900
Sultan Syarif Kasim II	PKU	46.325	49.820	854.628	863.947	1.814.720	87	19.504	1.834.311
SM Badaruddin II	PLM	49.543	44.679	758.963	757.278	1.610.463	-	743	1.611.206
Minangkabau	PDG	74.263	77.487	733.116	737.152	1.622.018	8.364	23.019	1.653.401
Supadio	PNK	15.132	15.758	691.668	668.064	1.390.622	-	-	1.390.622
Halim Perdanakusuma	HLP	4.233	3.102	104.065	101.891	213.291	-	-	213.291
Depati Amir	PGK	-	-	392.078	399.278	791.356	-	-	791.356
Sultan Thaha	DJB	-	-	332.490	337.876	670.366	-	-	670.366
Sultan Iskandar Muda	BTJ	36.652	31.344	244.705	255.952	568.653	-	-	568.653
Husein Sastranegara	BDO	86.245	79.151	93.518	100.212	359.126	-	134	359.260
Raja Haji Fisabilillah	TNI	-	-	63.291	60.926	124.217	-	6.726	130.943
Jumlah Total		4.261.058	4.344.151	17.811.828	18.124.329	44.541.366	144.709	1.595.170	46.281.245

Lampiran 21. Annual Report Angkasa Pura Tahun 2009

Statistik Angkutan Udara Secara Total Tahun 2009 - Perbandingan 2008/2009
Air Transportation Statistics Total Year 2009 - 2008/2009 Comparison

Bandara Airport	Kode Code	Pesawat Aircraft			Penumpang Passengers			Kargo (Kg) Cargo (Kg)		
		2008	2009	Chg (%)	2008	2009	Chg (%)	2008	2009	Chg (%)
Soekarno-Hatta	CGK	250.173	272.877	9,08	32.240.936	37.143.719	15,21	472.385.050	433.179.587	-8,30
Polonia	MES	52.922	50.283	-4,99	4.816.900	4.956.341	2,89	38.772.706	34.837.217	-10,15
S.Syarif Kasim II	PKU	21.914	21.355	-2,55	1.834.311	1.977.884	7,83	12.838.572	11.392.871	-11,26
Supadio	PNK	17.461	14.712	-15,74	1.390.622	1.843.808	32,59	9.226.979	12.400.713	34,40
S. M. Badaruddin II	PLM	15.794	19.406	22,87	1.611.206	1.581.931	-1,82	9.215.794	9.439.509	2,43
Minangkabau	PDG	12.754	15.764	23,60	1.653.401	1.810.822	9,52	12.269.846	8.120.502	-33,82
Husein S.	BDO	5.911	3.437	-41,85	359.260	157.599	-56,13	686.167	1.323.996	92,96
Halim P.	HLP	32.609	7.710	-76,36	213.291	527.647	147,38	2.774.805	630.193	-76,97
Sultan Thaha	DJB	6.194	7.270	17,37	670.366	805.136	20,10	4.417.281	4.349.155	-1,54
Depati Amir	PGK	7.064	23.911	238,49	791.356	191.262	-75,83	5.325.453	1.332.152	-74,99
R.H.Fisabilillah	TNJ	3.318	5.748	73,24	130.943	574.692	338,89	940.315	2.725.211	189,82
S. I. Muda	BTJ	6.683	8.551	27,95	568.653	959.179	68,68	3.256.002	4.458.847	36,94
JUMLAH		432.797	451.024	4,21	46.281.245	52.530.020	13,50	572.109.069	524.198.953	-8,37

Lampiran 22. Annual Report Angkasa Pura Tahun 2012

Pergerakan Penumpang Tahun 2012 - 2016

Passengers Movement in 2012 - 2016

(Dalam satuan pax)

(In pax unit)

Bandara / Airport	2012	2013	2014	2015	2016	Pertumbuhan % Tahun 2015- 2016 / Growth % in 2015-2016
CGK	57.772.864	60.137.347	57.221.169	54.291.366	58.195.484	7,19%
KNO	7.991.914	8.358.705	8.059.796	8.004.791	8.959.483	11,93%
PKU	2.772.254	3.257.547	2.993.872	2.670.046	3.386.243	26,82%
PNK	2.291.470	2.307.322	2.502.957	2.713.259	3.182.267	17,29%
PLM	2.902.129	3.032.629	3.258.834	3.384.464	3.899.018	15,20%
PDG	2.643.719	2.789.597	2.791.411	3.169.122	3.600.150	13,60%
BDO	1.872.985	2.533.887	2.927.304	3.146.807	3.406.936	8,27%
HLP	199.425	210.814	1.646.864	3.059.153	5.613.039	83,48%
DJB	1.117.909	1.282.244	1.316.379	1.168.219	1.636.873	40,12%
PGK	1.484.357	1.467.118	1.401.308	1.658.920	1.914.006	15,38%
TNJ	291.384	252.501	265.407	258.936	272.397	5,20%
BTJ	672.695	711.796	721.727	748.721	953.911	27,41%
DTB	7.486	12.556	24.005	17.784	155.214	772,77%
Total	82.020.591	86.354.063	85.131.033	84.291.588	95.175.021	12,91%

Lampiran 23. Annual Report Angkasa Pura Tahun 2015

Tabel Jumlah Pergerakan Penumpang Tahun 2015
(dalam satuan pax)

Table of 2015 Total Passenger Movement (in pax)

Bandara Airport	2011	2012	2013	2014	2015	% Growth Tahun 2014- 2015
CGK	51.178.188	57.772.864	60.137.347	57.221.169	54.291.366	-5,12%
KNO	7.170.107	7.991.914	8.358.705	8.059.796	8.004.791	-0,68%
PKU	2.541.431	2.772.254	3.257.547	2.993.872	2.670.046	-10,82%
PNK	2.133.545	2.291.470	2.307.322	2.502.957	2.713.259	8,40%
PLM	2.598.274	2.902.129	3.032.629	3.258.834	3.384.464	3,86%
PDG	2.270.354	2.643.719	2.789.597	2.791.411	3.169.122	13,53%
BDO	937.849	1.872.985	2.533.887	2.927.304	3.146.807	7,50%
HLP	201.348	199.425	210.814	1.646.864	3.059.153	85,76%
DJB	1.014.963	1.117.909	1.282.244	1.316.379	1.168.219	-11,26%
PGK	1.325.522	1.484.357	1.467.118	1.401.308	1.658.920	18,38%
TNJ	231.386	291.384	252.501	265.407	258.936	-2,44%
BTJ	705.719	672.695	711.796	721.727	748.721	3,74%
DTB	6.434	7.486	12.556	24.005	17.784	-25,92%
Total	72.315.120	82.020.591	86.354.063	85.131.033	84.291.588	-0,99%

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

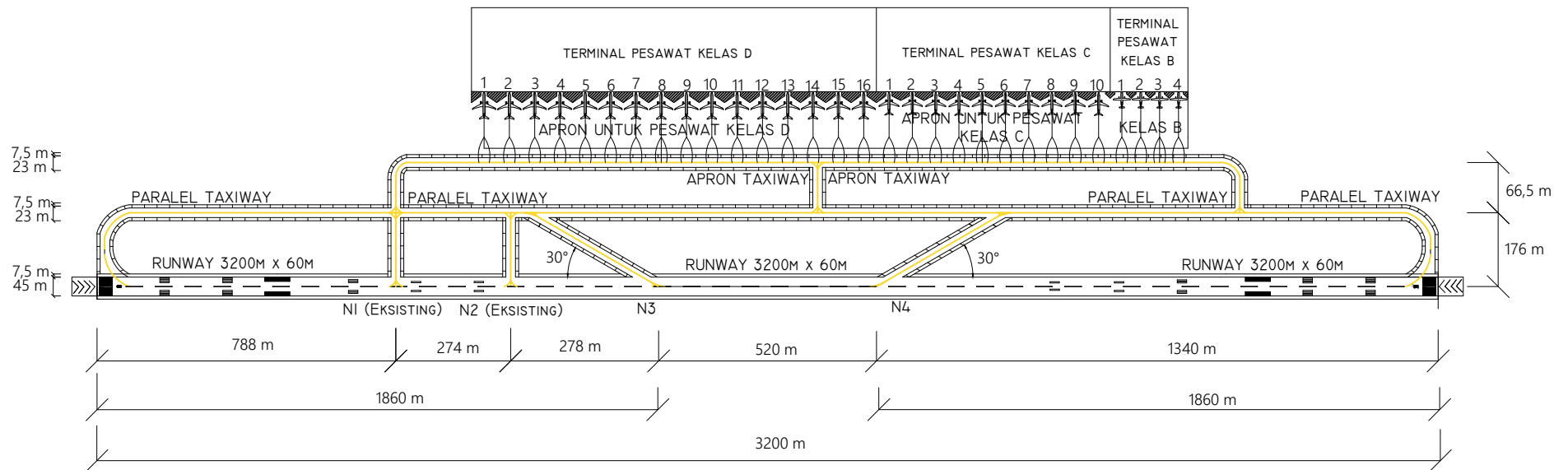


2600

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL	NAMA TUGAS	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	SKALA GAMBAR	NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR	SATUAN GAMBAR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA & NRP
	FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER 2020	TUGAS AKHIR (RC18 - 4704)	PERENCANAAN ULANG FASILITAS SISI UDARA PADA BANDAR UDARA INTERNASIONAL SULTAN SYARIF KASIM-II, PEKANBARU, RIAU.	LAYOUT SISI UDARA EKSISTING	1 : 35000	1	7	m	Ir. Ervina Ahyudanari, ME., Ph.D	FADHIL WIDIYAKTHO 03111640000141



	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER 2020	NAMA TUGAS	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	SKALA GAMBAR	NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR	SATUAN GAMBAR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA & NRP
		TUGAS AKHIR (RC18 - 4704)	PERENCANAAN ULANG FASILITAS SISI UDARA PADA BANDAR UDARA INTERNASIONAL SULTAN SYARIF KASIM-II, PEKANBARU, RIAU.	LAYOUT SISI UDARA PERENCANAAN TAHUN 2030 TERHADAP LAYOUT EKSISTING	1 : 35000	2	7	m	Ir. Ervina Ahyudanari, ME., Ph.D	FADHIL WIDIYAKTHO 03111640000141



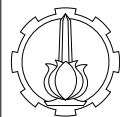
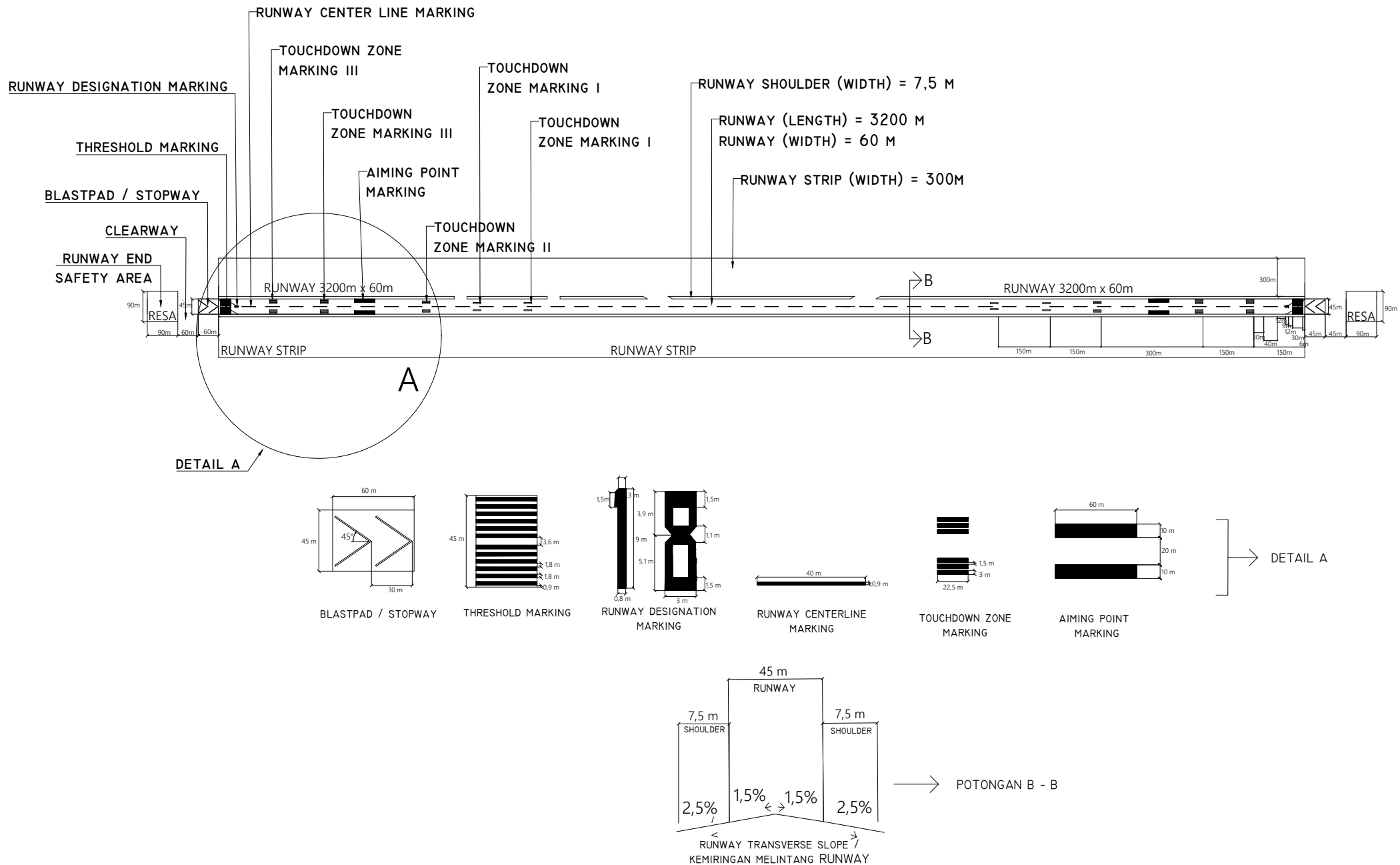
KETERANGAN LAYOUT SISI UDARA PERENCANAAN TAHUN 2030 :

RUNWAY = (P : 3200m) x (L : 45m) + Shoulder 7,5m x 2
TAXIWAY = (L : 23m) + Shoulder 7,5m x 2
APRON = (P : 1702 m) x (L : 135 m) (30 Gates)



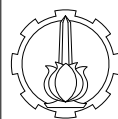
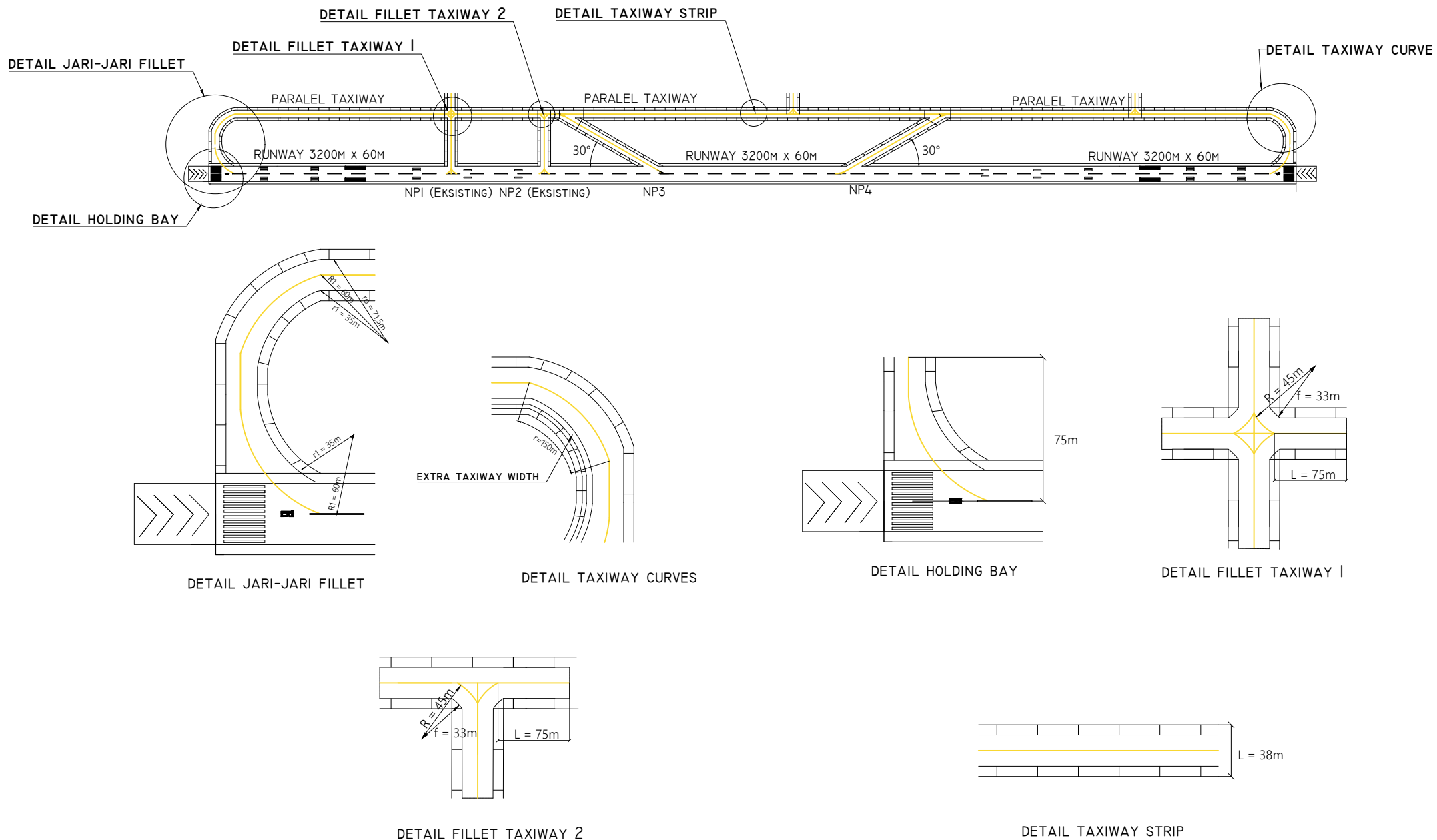
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN,
 DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 2020

NAMA TUGAS	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	SKALA GAMBAR	NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR	SATUAN GAMBAR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA & NRP
TUGAS AKHIR (RC18 - 4704)	PERENCANAAN ULANG FASILITAS SISI UDARA PADA BANDAR UDARA INTERNASIONAL SULTAN SYARIF KASIM-II, PEKANBARU, RIAU.	LAYOUT SISI UDARA PERENCANAAN TAHUN 2030	1 : 35000	3	7	m	Ir. Ervina Ahyudanari, ME., Ph.D	FADHIL WIDIYAKTHO 03111640000141



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN,
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

NAMA TUGAS	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	SKALA GAMBAR	NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR	SATUAN GAMBAR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA & NRP
TUGAS AKHIR (RC18 - 4704)	PERENCANAAN ULANG FASILITAS SISI UDARA PADA BANDAR UDARA INTERNASIONAL SULTAN SYARIF KASIM-II, PEKANBARU, RIAU.	LAYOUT RUNWAY + MARKING	1 : 35000 1 : 70000	4	7	m	Ir. Ervina Ahyudanari, ME., Ph.D	FADHIL WIDIYAKTHO 03111640000141



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN,
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

NAMA TUGAS
TUGAS AKHIR
(RC18 - 4704)

JUDUL TUGAS AKHIR
PERENCANAAN ULANG FASILITAS SISI
UDARA PADA BANDAR UDARA
INTERNASIONAL SULTAN SYARIF KASIM-II,
PEKANBARU, RIAU.

NAMA GAMBAR
DETAIL TAXIWAY +
MARKING

SKALA GAMBAR
1 : 35000
1 : 70000

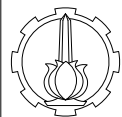
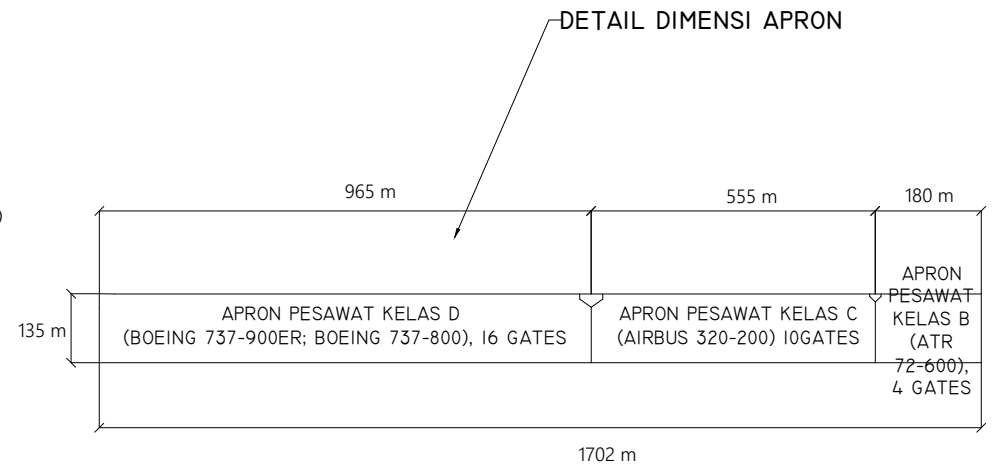
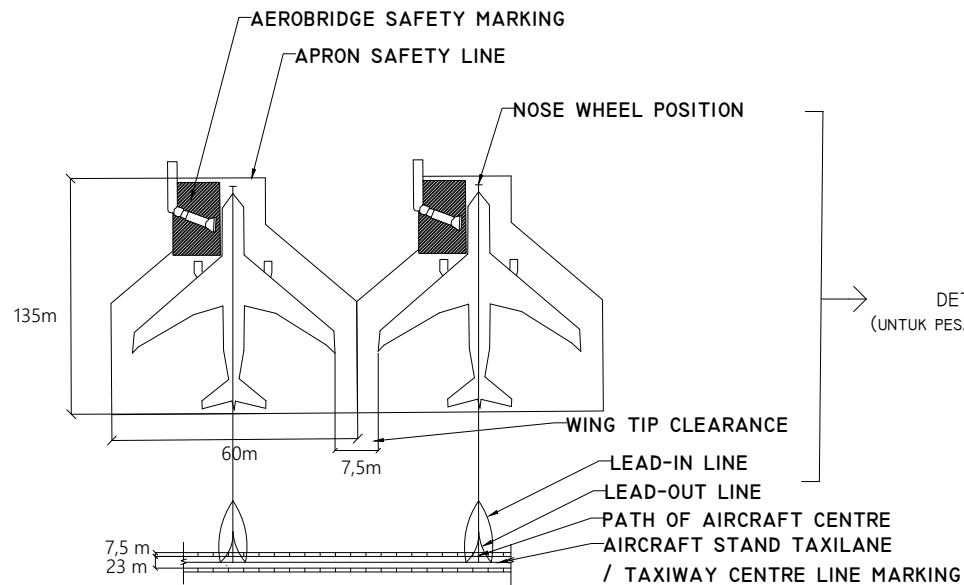
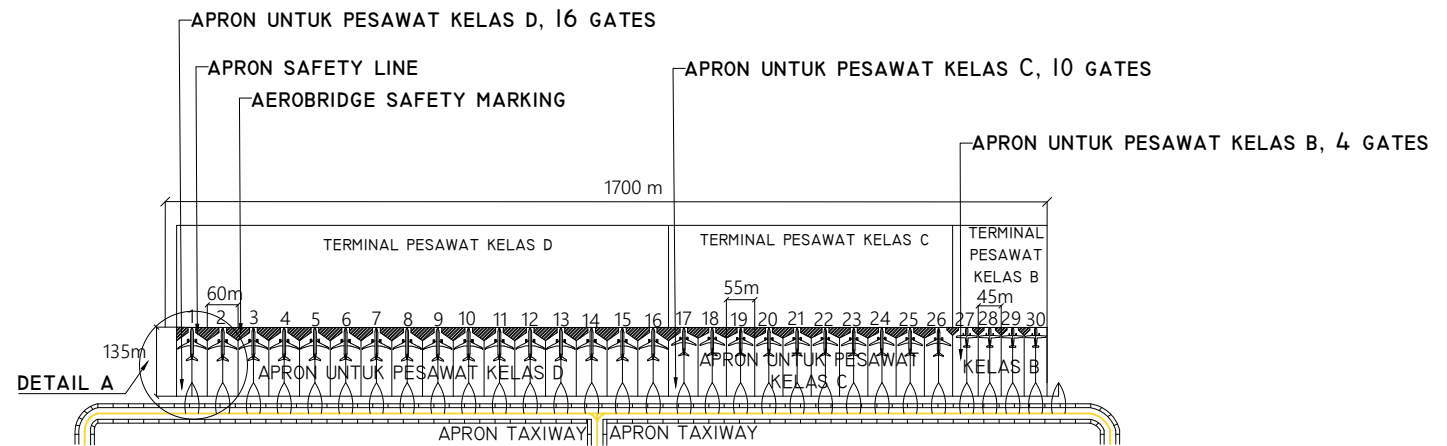
NOMOR GAMBAR
6

JUMLAH GAMBAR
7

SATUAN GAMBAR
m

DOSEN PEMBIMBING
Ir. Ervina Ahyudanari,
ME., Ph.D

NAMA & NRP
FADHIL
WIDIYAKTHO
03111640000141



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN,
DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

NAMA TUGAS	JUDUL TUGAS AKHIR	NAMA GAMBAR	SKALA GAMBAR	NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR	SATUAN GAMBAR	DOSEN PEMBIMBING	NAMA & NRP
TUGAS AKHIR (RC18 - 4704)	PERENCANAAN ULANG FASILITAS SISI UDARA PADA BANDAR UDARA INTERNASIONAL SULTAN SYARIF KASIM-II, PEKANBARU, RIAU.	LAYOUT APRON + MARKING	1 : 35000 1 : 70000	7	7	m	Ir. Ervina Ahyudanari, ME., Ph.D	FADHIL WIDIYAKTHO 03111640000141



Form AK/TA-04
rev01

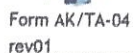
PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Ir. Ervina Anyudanari, M.E. Ph.D.
NAMA MAHASISWA	: Fadhil Widiyaktio
NRP	: 03111640000141
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan ulang Fasilitas Sisi Udara Pada Bandar Udara Internasional Sultan Syarif Kasim - II, Kota Pekanbaru, Riau.
TANGGAL PROPOSAL	: 16 September 2019
NO. SP-MMTA	: B/80040/IT2.VI.4.1/PP.05.02.00/2019

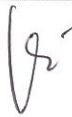
NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	10/10	Persepsi dan permintaan data	Asistensi Data	U
2	30/10	<ul style="list-style-type: none"> Abstrak belum diperbaiki Pendahuluan → motivasi kurang kuat + gambar layout → intro permasalahan & tujuan ditambahi. Bab 2 → perlu tambahan acuan studi sebelumnya. Bab 3 → perbaiki sesuai urutan permasalahan. 	<ul style="list-style-type: none"> 1) Abstrak diperbaiki 2) Bab I diperbaiki 	U
3	19/11	<ul style="list-style-type: none"> Diskusikan urutan sub bab 4 Perhitungan kapasitas runway mengikuti 2 metode. 		U
4	7/12	Kapasitas runway ok.		U
5	26/12	dilanjutkan gambar & lengkapi pendisain & dibenari.		U



Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Ir. Ervina Ahyudanari, M.E., Ph.D.
NAMA MAHASISWA	: Fadhil Widiyaktho
NRP	: 03111640000141
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan ulang Fasilitas Sisi udara Pada Bandar udara Internasional Sultan Syarif Kasim - II, Kota Pekanbaru, Riau
TANGGAL PROPOSAL	: 16 September 2019
NO. SP-MMTA	: B / 80040 / 112.VI.4 / PP.05.02.00 / 2019

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
6.	6/1 2020	-abstrak Perbaiki perencanaan ^{kapasitas} runway /mix operation. Hlftg. kebutuhan bahan bakar sebelum & sesudah layout berubah		

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Fadhil Widiyaktho dilahirkan di Bekasi pada tanggal 7 Desember 1998. Penulis menempuh pendidikan formal di TK Al-Hijrah Bekasi Utara, SDI Al-Husna Bekasi Selatan, SMPI Al-Azhar 6 Jakapermai, dan SMA Negeri 4 Bekasi. Penulis diterima sebagai mahasiswa Departemen Teknik Sipil ITS pada tahun 2016 dengan NRP 03111640000141.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif di beberapa kepanitiaan diantaranya *Civil Expo 2018* sebagai staf *olimpiad of civil engineering* dan Gerigi ITS 2018 sebagai pemandu integralistik. Selain itu, penulis aktif dalam berbagai pelatihan yaitu LKMM pra-TD 2016, LKMW-TD 2017, PKTI-TD 2017, Sekolah Manajemen Organisasi 2018, dan Sekolah Kajian Strategis (Kastrat) BEM ITS 2018. Penulis juga aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Sipil periode 2018/2019 sebagai kepala Departemen Keprofesian dan Keilmiahan. Apabila pembaca ingin memberi kritik dan saran serta diskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini dapat menghubungi penulis melalui email : fadhilwidiyaktho@yahoo.co.id .